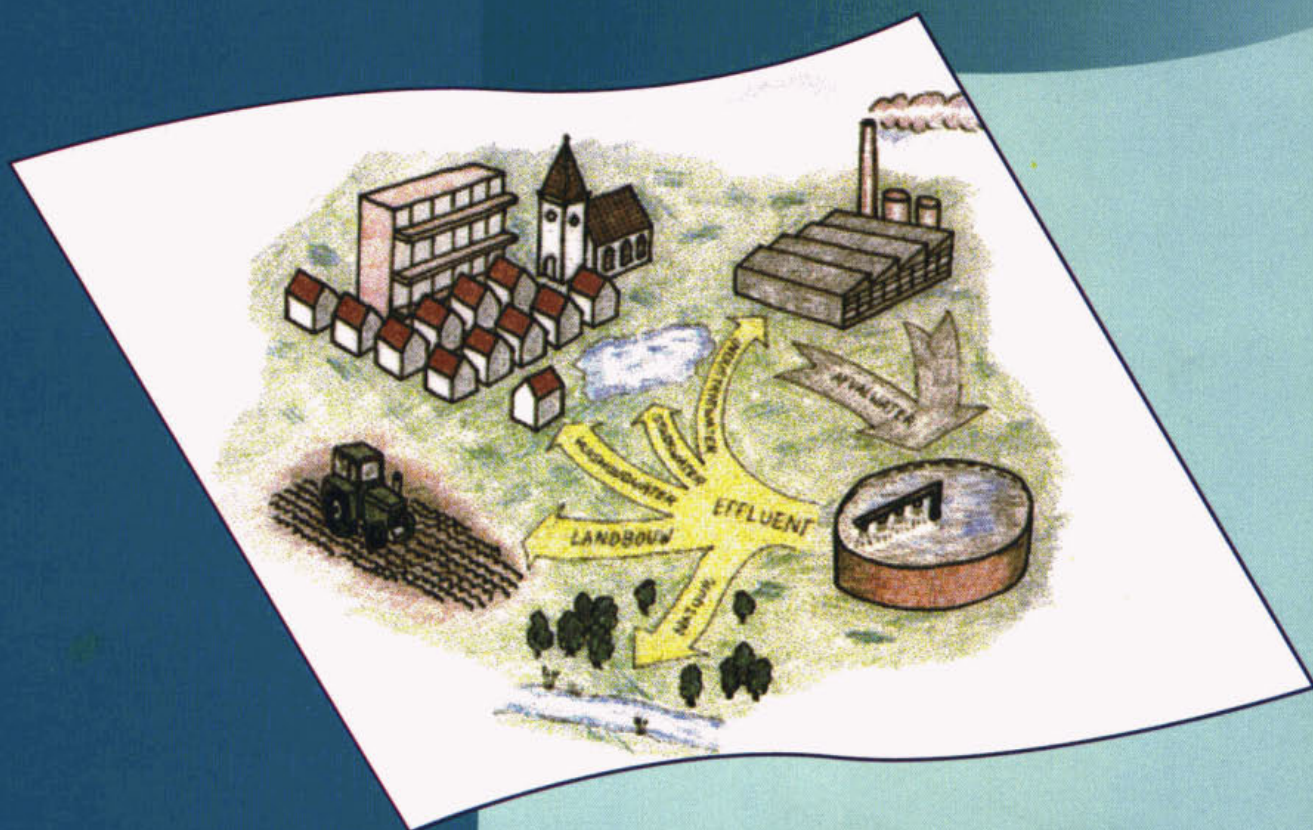


Compendium rwzi-effluent als bron voor "ander water"



**Compendium rwzi-effluent als bron
voor "ander water"**

2001

14

Arthur van Schendelstraat 816

Postbus 8090, 3503 RB Utrecht

Telefoon 030 232 11 99

Fax 030 232 17 66

E-mail stowa@stowa.nl

<http://www.stowa.nl>

Publicaties en het publicatie-
overzicht van de STOWA kunt u
uitsluitend bestellen bij:

Hageman Fulfilment

Postbus 1110

3330 CC Zwijndrecht

tel. 078 - 629 33 32

fax 078 - 610 42 87

e-mail: hff@wxs.nl

o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.

ISBN 90.5773.125.8

INHOUDSOPGAVE	blz.
TEN GELEIDE	1
SAMENVATTING	3
SUMMARY	4
1 INLEIDING	5
1.1 Achtergrond	5
1.2 Probleemstelling	5
1.3 Doelstelling	5
1.4 Werkwijze	5
1.5 Leeswijzer	6
2 MOGELIJKHEDEN VOOR EFFLUENTGEBRUIK	8
2.1 Algemeen	8
2.2 Afwegingskader	8
2.3 Rwzi-effluent: kwaliteit en kwantiteit	9
2.4 Ontwikkelingen in de afvalwaterzuivering	10
2.4.1 Kwaliteit	10
2.4.2 Kwantiteit	11
2.5 Toepassingen voor effluent	11
3 EFFLUENTGEBRUIK IN NEDERLAND	12
3.1 Inventarisatie bij waterschappen	12
3.2 Haalbaarheidsstudies	13
3.3 Pilotonderzoeken	14
3.4 Praktijkt toepassingen	14
4 EFFLUENTGEBRUIK IN HET BUITENLAND	16
4.1 Toepassing effluent in het buitenland	16
4.2 Analyse van de benadering van effluentgebruik in het buitenland	19
5 INVLOEDSFACTOREN BIJ EFFLUENTGEBRUIK	21
5.1 Algemeen	21
5.2 Actoren bij effluentgebruik	21
5.3 Strategie voor het creëren van draagvlak voor effluentgebruik bij de actoren	22
5.3.1 Beleving	23
5.3.2 Kennisniveau	23
5.3.3 Motivatie	23
5.3.4 Kosten	23
5.3.5 Techniek en afbreukrisico	23
5.4 Technische aspecten	24
5.4.1 Kwaliteitsaspecten	24
5.4.2 Nazuivering van effluent	24
5.4.3 Kringloopsluiting in de watervoorzieningsketen	24
5.4.4 Recirculatie spoelwaterstromen op rwzi	25
5.4.5 Leveringszekerheid	25
5.4.6 Nagroeipotentie en biologische stabiliteit	26
5.5 Organisatorische aspecten	26
5.5.1 Initiatief door waterleidingbedrijf	26
5.5.2 Uitbesteding	27
5.5.3 Publiek-private samenwerking	27
5.5.4 Externe verzelfstandiging	27
5.6 Milieueffecten	28

5.7 Ecotoxicologische en gezondheidkundige aspecten	28
5.8 Economische aspecten	29
5.8.1 Kosten en baten	29
5.8.2 Referentiekader	29
5.8.3 Ontwikkelingen in de economische haalbaarheid	29
6 STAPPENPLAN VOOR EFFLUENTGEBRUIK	32
6.1 Algemeen	32
6.2 Stappenplan ten bate van besluitvorming	32
6.3 Stappenplan verantwoord ontwerp en procesvoering	34
7 INDUSTRIEWATER	35
7.1 Algemeen	35
7.2 Omvang van de industriewatervraag	35
7.2.1 Voorbeeldprojecten industriewater	37
7.3 Normen en kwaliteitseisen industriewater	37
7.4 Nazuivering van effluent tot industriewater	38
7.5 Gezondheidkundige aspecten industriewater	40
7.6 Leveringszekerheid industriewater	40
7.7 Milieueffecten industriewater	41
7.8 Acceptatie effluent als industriewater	41
7.9 Stappenplan industriewater	42
8 HUISHOUDWATER	43
8.1 Algemeen	43
8.2 Omvang van de huishoudwatervraag	44
8.2.1 Voorbeeldprojecten huishoudwater	44
8.3 Kwaliteitseisen huishoudwater	45
8.4 Nazuivering van effluent tot huishoudwater	45
8.5 Gezondheidkundige aspecten huishoudwater	46
8.6 Leveringszekerheid huishoudwater	46
8.7 Milieueffecten huishoudwater	46
8.8 Acceptatie effluent als bron voor huishoudwater.	47
8.9 Stappenplan Huishoudwater	48
9 LANDBOUWWATER	49
9.1 Algemeen	49
9.2 Omvang van de landbouwwatervraag	49
9.2.1 Voorbeeldprojecten landbouwwater	50
9.3 Kwaliteitseisen landbouwwater	51
9.3.1 Gietwater	51
9.3.2 Veedrenkwater	52
9.3.3 Reinigen van stallen en machines	52
9.3.4 Reiniging van melkwinningsapparatuur	52
9.3.5 Berekening grasland	52
9.4 Nazuivering van effluent tot landbouwwater	52
9.5 Gezondheidkundige en ecotoxicologische aspecten landbouwwater	53
9.6 Leveringszekerheid landbouwwater	53
9.6.1 Gietwater	53
9.6.2 Berekening van grasland en gewassen	54
9.6.3 Veedrenkwater	54
9.7 Milieueffecten van landbouwwater	54
9.8 Acceptatie effluent als landbouwwater	54
9.9 Stappenplan landbouwwater	55

10 NATUUR-, RECREATIE- EN STADSWATER	57
10.1 Algemeen	57
10.2 Omvang vraag naar natuur, recreatie- en stadswater	58
10.2.1 Voorbeeldprojecten natuur-, recreatie en stadswater	58
10.3 Kwaliteitseisen aan natuur-, recreatie- en stadswater	59
10.3.1 Natuur- en recreatiewater	59
10.3.2 Stadswater	59
10.4 Nazuivering van effluent tot natuur-, recreatie- en stadswater	60
10.4.1 Natuur- en recreatiewater	60
10.4.2 Stadswater	60
10.5 Gezondheidskundige aspecten van natuur-, recreatie- en stadswater	60
10.6 Leveringszekerheid van natuur-, recreatie- en stadswater	60
10.7 Milieueffecten van natuur-, recreatie- en stadswater	61
10.8 Acceptatie effluent als bron voor natuur-, recreatie- en stadswater	61
10.9 Stappenplan natuur- en recreatiewater	62
11 HALFFABRIKAAT DRINKWATER	63
11.1 Algemeen	63
11.2 Omvang van de vraag naar effluent voor halffabrikaat drinkwater	63
11.2.1 Voorbeeldprojecten halffabrikaat drinkwater	64
11.3 Normen en kwaliteitseisen voor infiltratiewater en halffabrikaat drinkwater	64
11.4 Nazuivering van effluent tot halffabrikaat drinkwater	65
11.5 Gezondheidskundige aspecten voor halffabrikaat drinkwater	65
11.6 Leveringszekerheid van halffabrikaat drinkwater	66
11.7 Milieueffecten van halffabrikaat drinkwater	66
11.8 Acceptatie effluent als bron voor (halffabrikaat) drinkwater	66
11.9 Stappenplan levering (halffabrikaat drinkwater)	67
12 EVALUATIE	70
12.1 Mogelijkheden van gebruik van rwzi-effluent	70
12.2 Effluentgebruik in Nederland	71
12.2.1 Algemeen	71
12.2.2 Industriewater	71
12.2.3 Huishoudwater	71
12.2.4 Landbouwwater	72
12.2.5 Stads, natuur- en recreatiewater	72
12.2.6 Halffabrikaat drinkwater	72
12.2.7 Organisatie van initiatieven	72
12.2.8 Praktijkonderzoek en full-scale toepassingen	73
12.2.9 Overige aandachtspunten	73
12.3 Invloedsfactoren bij gebruik van effluent	73
12.3.1 Organisatorische aspecten	74
12.3.2 Technische aspecten	74
12.3.3 Financiële aspecten	75
12.3.4 Toekomstperspectief	75
12.4 Resumé	76
12.5 Aandachtspunten	77
12.5.1 Onderzoek en kennisontwikkeling	77
12.5.2 Samenwerking in de waterketen en communicatie	78
13 GERAADPLEEGDE BRONNEN	79
13.1 Literatuur	79
13.2 Interviews	86
14 BEGRIPPENLIJST	87

BIJLAGEN

BIJLAGE I INVLOEDSFACTOREN EFFLUENTGEBRUIK

BIJLAGE II INVENTARISATIE EFFLUENTGEBRUIK

BIJLAGE III NORMEN EN RICHTLIJNEN

BIJLAGE IV OVERZICHT DRINKWATERKOSTEN

TEN GELEIDE

In de afgelopen decennia is de kwaliteit van het effluent van rioolwaterzuiveringsinrichtingen (rwzi's) in Nederland sterk verbeterd. Door deze kwaliteitsverbetering en de voortschrijdende ontwikkeling van technieken van effluentnabehandeling, zijn de gebruiksmogelijkheden van het rwzi-effluent als bron voor de watervoorziening sterk toegenomen. Op diverse locaties in Nederland zijn studies en praktijkonderzoeken uitgevoerd en zijn enkele toepassingen reeds in de praktijk gerealiseerd. Desondanks was er onvoldoende inzicht in de vele aspecten van effluentgebruik en ontstond er behoefte aan een bundeling van de aanwezige kennis en ervaring. Dit compendium over het gebruik van rwzi-effluent als bron voor 'ander water', geeft ruimschoots invulling aan de geconstateerde behoefte.

Bij het opstellen van het compendium is voor ogen gehouden dat zowel een lezer op hoofdlijnen, als een inhoudelijk geïnteresseerde lezer, een handvat voor de mogelijkheden van effluentgebruik wordt geboden. Gebruik van industrieel afvalwater en buitenlandse praktijktoepassingen zijn beschreven ter illustratie en kaderstelling van het gebruik van rwzi-effluent als bron voor 'ander water'. De onderscheiden vormen van 'ander water' zijn industriewater, huishoudwater, landbouwater, natuur-, stads- en recreatiewater en infiltratiewater. In het compendium zijn deze bekeken op alle relevante invloedsfactoren. Een stappenplan is daarbij steeds als kapstok gebruikt om te verwijzen naar relevante informatie in het compendium.

Uit dit compendium blijkt dat het succes van de inzet van effluent, naast technische en financiële aspecten, vooral sterk afhangt van de aanwezigheid van voldoende draagvlak. Dit draagvlak kan worden verkregen door in het planstadium samenwerking te zoeken met de diverse betrokken actoren.

Het onderzoek werd uitgevoerd door Witteveen+Bos (projectteam bestaande uit ir. P. de Jong, ir. J.F. Kramer, ir. R.T. van der Velde en ir. M.D.L.L. Aafjes-Hendriks). Voor de begeleiding van het project zorgde een commissie bestaande uit ir. E. van 't Oever (voorzitter), ir. A.H. Dirkzwager, drs. A.J. Palsma, ing. K.H. Poortema, ir. P.J. Roeleveld, ir. J.H. Roorda, ir. C.J.M. Ruiters en ing. J.G. Segers.

Alle waterkwaliteitsbeheerders en een aantal ingenieursbureau's hebben informatie aangeleverd voor het vervaardigen van dit compendium. De STOWA is deze organisaties zeer erkentelijk voor hun medewerking.

Utrecht, mei 2001

De directeur van de STOWA

ir.J.M.J. Leenen

SAMENVATTING

In de afgelopen decennia is de kwaliteit van het effluent van rioolwaterzuiveringsinrichtingen (rwzi's) in Nederland sterk verbeterd. Door deze kwaliteitsverbetering en de voortschrijdende ontwikkeling van technieken voor effluentnabehandeling blijkt dat gebruiksmogelijkheden van het rwzi-effluent als bron voor de watervoorziening sterk zijn toegenomen. Op diverse locaties in Nederland zijn studies en praktijkonderzoeken uitgevoerd. Daarnaast zijn enkele toepassingen in praktijk gerealiseerd. De mogelijke waterproducten op basis van rwzi-effluent zijn industriewater, landbouwwater, huishoudwater, natuur-, stads- en recreatiewater en infiltratiewater (als halffabriek drinkwater).

Het gebruik van rwzi-effluent als bron voor diverse toepassingen ligt in lijn met het huidige Nederlandse milieubeleid. Daarbij is het streven om het gebruik van grondwater terug te dringen en andere bronnen te gebruiken. Op grond van de kwaliteitskenmerken, de ruime beschikbaarheid en logistieke voordelen, kan rwzi-effluent een volwaardige bron zijn. De belangrijkste voordelen ten opzichte van andere bronnen zijn:

- bij opwerking op het terrein van de rwzi zijn reeds ondersteunende faciliteiten aanwezig (infrastructuur, slibverwerking, chemicaliënopslag, personeel);
- veelal is op het rwzi terrein ruimte beschikbaar voor de aanleg van de nazuivering, zodat het tijdrovende traject van grondverwerving en aanschaf en het verkrijgen van vergunningen kan worden omzeild;
- de meeste rwzi's zijn in de periferie van stedelijk gebied gelegen, nabij industrieterreinen, waarbij een logistiek voordeel aanwezig is voor industriewaterlevering.

Dit compendium geeft een overzicht van het gebruik van rwzi-effluent voor verschillende toepassingen in Nederland. Uit de opgestelde inventarisatie blijkt dat de aandacht voor het gebruik van rwzi-effluent in de afgelopen jaren sterk is toegenomen. Bij de invoering van effluentgebruik spelen naast technische en financiële afwegingen ook organisatorische factoren en communicatie tussen de verschillende actoren in de waterketen een belangrijke rol. Als handvat bij het maken van afwegingen en het komen tot besluitvorming voor effluentgebruik is een stappenplan ontwikkeld. Aan de hand van dit stappenplan is het mogelijk om de marktpotentie en de haalbaarheid van effluentgebruik in beeld te brengen. Daarnaast is per toepassing een uitgebreide beschrijving van de randvoorwaarden en aandachtspunten voor de productie en levering opgenomen.

De ontwikkeling van het gebruik van rwzi-effluent als bron voor de watervoorziening op de middellange termijn in Nederland is enerzijds afhankelijk van kostenontwikkelingen, met name een lagere kostprijs door verbeterde technieken. Anderzijds spelen externe factoren zoals de toename van 'waterschaarste' in industriële en dichtbevolkte stedelijke gebieden, gericht overheidsbeleid en de 'vrije' marktwerking voor 'ander water' leveringen een belangrijke rol. De voortschrijdende kennisontwikkeling en continuering van het onderzoek naar effluentbehandeling kunnen leiden tot een bredere toepassing en schaalvergroting in Nederland. Daarnaast is de verwachting dat, door intensievere samenwerking en communicatie in de waterketen, het draagvlak voor effluentgebruik zal toenemen.

SUMMARY

The effluent quality of wastewater treatment plants (WWTP) in The Netherlands has been strongly improved during the last decades. It appears that the applicability of WWTP effluent as a water source has been strongly increased, caused by the raise in quality, as well as the advancing development of techniques for the purpose of effluent polishing. At different locations in The Netherlands studies and practical research have been done. In addition some applications have been executed in practice. Possible water products based on the WWTP effluent are water for industrial purposes, agricultural water, domestic water, natural-, urban-, recreational water and infiltration water (as half-product of drinking water).

The use of WWTP effluent as a source to various applications is in agreement with the Dutch environmental policy. Furthermore it is the aim to decrease the use of groundwater as to stimulate the use of other sources. Based on quality requirements, large availability and logistical advantages, WWTP effluent can be a valuable source. Compared to other sources the most important advantages are:

- the already existing presence of supporting facilities (such as infrastructure, sludge processing, storage of chemicals, staff) while reprocessing on the site of the WWTP;
- usually, space on the site of the WWTP is available for the purpose of a future post-treatment unit, thus preventing the time-consuming activities of acquiring land and obtaining permits;
- most WWTP are situated on the periphery of urban areas, near industrial zones with a possible logistical advantage for delivery of water to the industry.

This compendium provides an overview of the use of WWTP effluent for different applications in The Netherlands. From the composed inventory it appears that the use of WWTP effluent has strongly increased during the past years. At the introduction of effluent use, technical, financial, organisational circumstances and communication play a major role between different actors in the water chain. Therefore a tool has been developed to handle considerations and decision-making for the use of effluent. This method offers prospects to visualize the market potential and the feasibility of the use of effluent. In addition an extensive specification of starting conditions and points for attention for production and supply have been given per application.

Increase in use of WWTP effluent as a water supply source depends on the cost development – in particular a lower cost-price by improved techniques - in The Netherlands for the medium term. Besides a major role is played by external factors such as the increasing water shortage in industrial and densely populated urban areas, specific government policy and the market economy. Increase in know-how and research in the field of effluent polishing may lead to a more extensive range of application and scaling-up in The Netherlands. Furthermore an increasing support can be expected through an intensified co-operation and communication between all parties involved.

1 INLEIDING

1.1 Achtergrond

Naar verwachting zal het komende decennium het effluent van alle communale rwzi's in Nederland voldoen aan het Lozingenbesluit Stedelijk Afvalwater [Stb140, 1996]. Om aan de eisen van dit Lozingenbesluit te voldoen is in de jaren tachtig en negentig een nieuwe generatie communale zuiveringsinstallaties ontwikkeld, die in staat is om zuurstofbindende stoffen, nutriënten en gesuspendeerde stoffen vergaand te verwijderen. Deze ontwikkeling heeft geleid tot een sterke verbetering van de kwaliteit van het effluent. Door deze kwaliteitsverbetering en de voortschrijdende ontwikkeling van de technieken voor effluentnabehandeling, lijkt gebruik van gezuiverd afvalwater als grondstof voor diverse toepassingen technisch en financieel haalbaar.

Parallel aan de sterke kwaliteitsverbetering van effluent in de afgelopen jaren is de belangstelling voor de toepassing van 'ander water' in huishoudens en in de industrie in Nederland sterk toegenomen. 'Ander water' is gedefinieerd als: *'water met een andere kwaliteit dan drinkwater dat wordt toegepast voor doeleinden waarbij geen sprake is van menselijke consumptie'*. 'Ander water' hoeft niet uit een hoge kwaliteit grondwater te worden bereid, maar kan bijvoorbeeld uit oppervlaktewater, brak grondwater, regenwater of rwzi-effluent (effluent staat in het vervolg van dit compendium voor communaal effluent) worden gemaakt. Hierdoor wordt de grondwateronttrekking gereduceerd en eventuele verdroging tegengegaan. Met het toepassen van 'ander water' wordt tegemoetgekomen aan het huidige Nederlandse milieubeleid waarbij het grondwatergebruik wordt teruggedrongen en het gebruik van andere bronnen wordt gestimuleerd. 'Ander water' hoeft in het algemeen een minder vergaande zuivering, aangezien de kwaliteitseisen die aan het water gesteld worden meestal minder streng zijn dan voor drinkwater. Een minder vergaande zuivering impliceert tevens dat met minder chemicaliën, energie en hulpstoffen volstaan kan worden, hetgeen in een vermindering van de milieubelasting resulteert.

1.2 Probleemstelling

Op diverse plaatsen is onderzoek gedaan naar de technische en economische haalbaarheid van de toepassing van rwzi-effluent als industriewater, huishoudwater, natuur- en recreatiewater en stadswater. Hierbij zijn naast de waterschappen die effluent als product voor de waterketen leveren, waterleidingbedrijven, provincies en gemeenten betrokken. De behoefte bestaat de kennis die in deze onderzoeken is opgedaan te verzamelen en het inzicht in de aspecten van het gebruik van effluent te vergroten.

1.3 Doelstelling

Met het compendium is een bundeling gemaakt van kennis en praktijkervaring die momenteel in Nederland op het gebied van effluentgebruik bestaat. Bij het opstellen is voor ogen gehouden dat zowel een lezer 'op hoofdlijnen' als een inhoudelijk geïnteresseerde lezer een handvat voor de mogelijkheden van effluentgebruik wordt geboden. Kennis en ervaring van industrieel (her)gebruik en van buitenlandse praktijktoepassingen dienen als ondersteuning en bron van informatie.

1.4 Werkwijze

Allereerst is een uitgebreide inventarisatie van alle effluentprojecten in Nederland gemaakt. Dit is gedaan door middel van telefonische enquêtes bij de waterschappen met een zuiveringstaak. Naast de projecten die door deze schappen op het gebied van effluentgebruik zijn uitgevoerd, is in deze vraagg gesprekken ook ingegaan op andere aspecten die met effluentgebruik te maken hebben, zoals het beleid dat het waterschap op dit gebied voert en eventuele samenwerkingsverbanden waarin het waterschap betrokken is. Uit deze inventarisatie zijn algemene conclusies getrokken. De geïnventariseerde projecten zijn verdeeld in haalbaarheidsstudies voor bronkeuze, pilotonderzoek en praktijktoepassingen. Vervolgens zijn de verschillende aspecten die met effluentgebruik te maken hebben op basis van de geïnventariseerde projecten behandeld. Hierbij is tevens gebruik gemaakt van buitenlandse referenties en toepassingen in de industrie.

1.5 Leeswijzer

Het compendium is opgesplitst in een algemeen deel (deel 1), een deel waarin diverse toepassingen van effluent achtereenvolgens worden behandeld (deel 2), een evaluatie en bronvermelding van alle verzamelde informatie (deel 3) en een bijlagendeel (deel 4). Het algemene deel is bedoeld voor de lezer die een globaal beeld wil vormen van de stand van zaken en belangrijkste invloedsfactoren bij effluentgebruik. Het tweede deel is bedoeld voor de lezer die één of meerdere toepassingen van effluent meer diepgaand wil onderzoeken of beoordelen.

In het compendium effluentgebruik is onderscheid gemaakt tussen 'toepassingen' en 'aspecten'. Onder toepassingen worden de verschillende producten verstaan waarvoor effluent als bron kan dienen. Per toepassing komen verschillende aspecten aan bod, zoals kwaliteitseisen, proces-technische en organisatorische aspecten.

Deel 1 (hoofdstukken 2 t/m 5)

In hoofdstuk 2 is een beeld geschetst van de mogelijkheden voor het gebruik van rwzi-effluent als 'ander water' in Nederland. De stand van zaken met effluentgebruik in Nederland is beschreven in hoofdstuk 3. Hierbij zijn als insteek genomen de onderzoeken en projecten die door waterschappen en eventueel waterleidingbedrijven en adviesbureaus zijn uitgevoerd. Van zowel haalbaarheidsstudies voor de bronkeuze als pilotonderzoek en praktijktoepassingen is een overzicht gegeven. In hoofdstuk 4 is de stand van zaken in het buitenland in beeld gebracht. De potentie van effluent als bron is beschreven door de huidige rwzi-effluentkwaliteit en -kwantiteit te beschrijven en de te verwachten ontwikkeling van deze kwaliteit en kwantiteit te schetsen. In hoofdstuk 5 worden op hoofdlijnen de belangrijkste aspecten of invloedsfactoren op het gebruik van effluent beschouwd.

Deel 2 (hoofdstukken 6 t/m 11)

Op basis van de huidige inzichten en ervaring met het toepassen van effluent als bron, is in hoofdstuk 6 een stappenplan opgezet hoe bij toekomstige initiatieven een optimale strategie kan worden gevolgd. In de hoofdstukken 7 tot en met 11 komen de toepassingen aan de orde, te weten industriewater, huishoudwater, natuwater, recreatiewater, stadswater en halffabriek drinkwater. Per toepassing van effluent gelden kwaliteitsnormen, proces-technische aspecten en organisatorische aspecten. Tevens zijn per toepassing de bepalende factoren voor de marktpotentie beschreven. Elk hoofdstuk sluit af met een wegwijzer ten behoeve van de beoordeling van de haalbaarheid. Deze wegwijzer volgt het in hoofdstuk 6 gepresenteerde stappenplan.

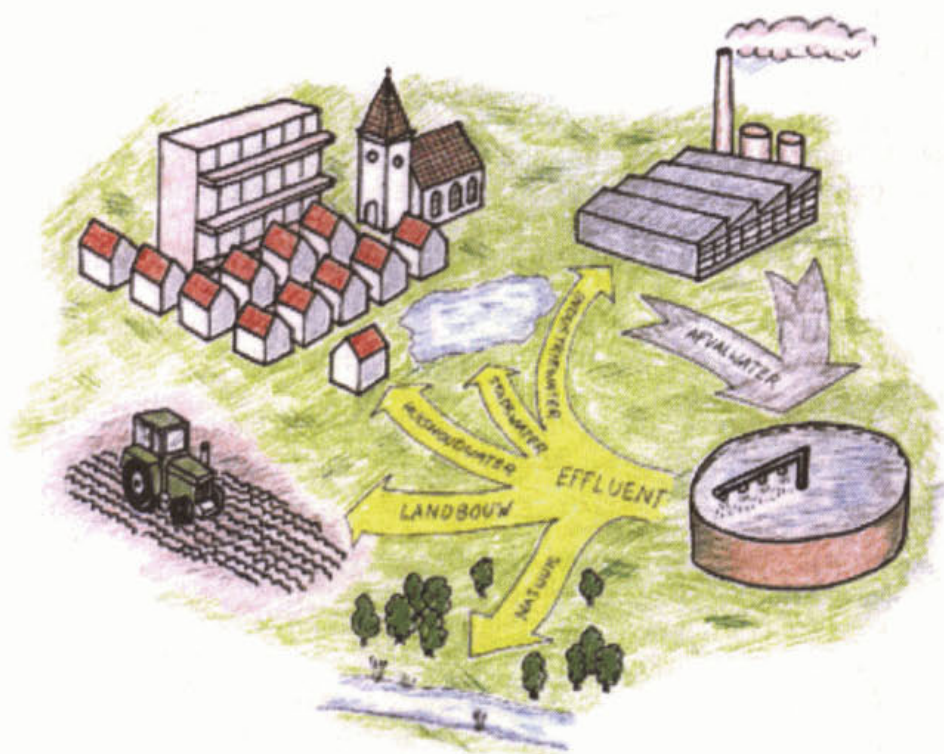
Deel 3 (hoofdstukken 12 t/m 14)

Op basis van de ervaring die in haalbaarheidsstudies, pilotonderzoek en praktijktoepassingen is opgedaan, zijn de huidige kansen voor effluent als bron voor 'ander water' in hoofdstuk 12 geëvalueerd. Hoofdstuk 13 bevat de referentielijst en hoofdstuk 14 een begrippenlijst. Naar bronnen in de literatuurlijst wordt met de naam van de auteur [auteur, jaar] of verantwoordelijke organisatie [organisatie, jaar] verwezen met het jaartal van publicatie. Daarnaast wordt met [letter] naar interviews met de waterschappen verwezen.

Deel 4 bijlagen

In deel 4 (bijlagen) is van de referenties die betrekking hebben op in Nederland uitgevoerde studies, onderzoeken en praktijkervaringen een korte samenvatting opgenomen. Een uitgebreid overzicht van potentieel toe te passen technieken, normen, gezondheidkundige en ecotoxologische aspecten is opgenomen. Van de technieken zijn naast een algemene beschrijving, stand der techniek en benodigde voorzuivering ook de verwijderingsrendementen van de belangrijkste te verwijderen componenten beschreven. In het compendium wordt middels een nummer [nr.] naar de beknopte samenvatting van referentieprojecten verwezen, zoals opgenomen in bijlage II.

DEEL 1 ALGEMEEN



2 MOGELIJKHEDEN VOOR EFFLUENTGEBRUIK

2.1 Algemeen

Hoewel rwzi-effluent in voldoende mate en, ten gevolge van de strengere regelgeving, van steeds betere kwaliteit wordt geproduceerd, dient in Nederland effluent tot nu toe niet of nauwelijks als bron voor de watervoorziening. In dit hoofdstuk is aangegeven dat effluent een alternatief vormt als bron voor de levering van 'ander water'. Mogelijkheden voor het toepassen van effluent worden genoemd. Hiertoe is een inventarisatie van effluentgebruik in Nederland en in het buitenland uitgevoerd.

2.2 Afwegingskader

In het huidige overheidsbeleid wordt, in het kader van verdrogingsbestrijding en waterbesparing, ernaar gestreefd grondwateronttrekkingen terug te dringen. Het streven is grondwater in te zetten voor drinkwater en voor overige toepassingen 'ander water' te gebruiken. Mogelijke bronnen voor de levering van 'ander water' kunnen zijn: oppervlaktewater, brak grondwater, regenwater en effluent. Bij een afweging tussen de verschillende bronnen spelen beschikbaarheid en kwaliteit een belangrijke rol. Het is van belang dat continu voldoende water met een constante kwaliteit beschikbaar is. Daarnaast is de ligging van de bron een belangrijke factor aangezien dit direct van invloed is op de transportafstand en de daaraan verbonden kosten. Voor het gebruik van effluent [Witteveen+Bos, 1999] zijn de volgende voordelen te noemen:

- er kunnen kwalitatieve voordelen zijn ten opzichte van andere bronnen, zo heeft rwzi-effluent een relatief laag gehalte aan nutriënten (N en P) en gesuspendeerde stoffen;
- indien nazuivering op het terrein van de rwzi plaatsvindt, zijn de ondersteunende faciliteiten voor de verdere opwerking van effluent reeds aanwezig (infrastructuur, slibverwerking, chemicaliënopslag);
- meestal is op het rwzi-terrein grond beschikbaar voor de aanleg van de nazuivering, zodat het tijdrovende traject van grondverwerving en aanschaf en het verkrijgen van vergunningen kan worden omzeild;
- de meeste rwzi's zijn veelal in de periferie van stedelijk gebied gelegen, nabij industrie-terreinen, waarbij een logistiek voordeel aanwezig is voor industriewaterlevering.



Op grond van deze voordelen kan rwzi-effluent worden beschouwd als een bron voor watervoorziening. Ondanks deze voordelen wordt vaak gekozen voor een andere bron. Overwegingen die hierbij een rol spelen zijn:

- Het op kortere afstand beschikbaar zijn van een andere bron (oppervlaktewater, oeverfiltraat, brak grondwater).
- Hoge zuiveringskosten bij beperkte capaciteit, waardoor gezuiverd effluent duurder is dan alternatieve bronnen.
- Geringe maatschappelijke acceptatie, waarbij gevreesd wordt voor mogelijke gevaren voor de volksgezondheid.
- Het niet altijd zeker is of er milieuwinst wordt behaald ten opzichte van de inzet van alternatieve bronnen. Dit speelt bijvoorbeeld een rol bij de overweging tussen een enkel of dubbel leidingnet in een nieuwbouwwijk waarbij huishoudwater met effluent als bron kan worden ingezet.
- Er bestaat weinig ervaring met het gebruik van effluent.

2.3 Rwzi-effluent: kwaliteit en kwantiteit

De hoeveelheid effluent die in 1996 door de Nederlandse rwzi's is geproduceerd bedraagt 1.691 Mm³ [RIVM, 1998]. Dit effluent is gezuiverd afvalwater, afkomstig van huishoudens en industrie. Afhankelijk van het type rioolstelsel is het verdund met o.a. regenwater. De hoeveelheid effluent die wordt geproduceerd is direct afhankelijk van de bevolkingsdichtheid en industriële activiteit in het betreffende beheersgebied. Hoewel op vrijwel alle communale zuiveringsinstallaties in Nederland wordt gestreefd naar verregaande verwijdering van gesuspendeerde stoffen, organische componenten en nutriënten, kunnen als gevolg van de variërende belasting van de zuivering sterke wisselingen in de kwaliteit van het effluent optreden. Bij het gebruik van effluent als bron voor de watervoorziening is het van belang de kwaliteit van het effluent te monitoren, zowel de fluctuaties over de dag als over het jaar. In tabel 1 zijn de minimum, gemiddelde en maximum waarden opgenomen van effluent van de derde generatie rioolwaterzuiveringsinstallaties waarin vergaande verwijdering van organische verbindingen, nutriënten en gesuspendeerde stoffen plaatsvindt. Deze tabel is samengesteld op basis van gegevens uit haalbaarheids- en praktijkonderzoeken die zijn uitgevoerd voor het gebruik van effluent op diverse locaties (rwzi's Etten, Ede, Driebergen, Hoogvliet en Tilburg-Noord) [5, 8, 9 en 18].

Tabel 1 Effluentkwaliteit derde generatie rwzi's

Parameter	Eenheid	Minimum	Gemiddeld	Maximum
EGV	mS/m	30	60 – 80	120
Zwevende stof	mg/l	1	2 – 8	20
PH	-	7,1	7,8	8,2
Totale hardheid	mmol/l	-	1 – 2,5	-
BZV	mg/l	1	2 – 4	16
CZV	mg/l	15	30 – 40	70
Chloride	mg/l	24	70 – 110	165
Sulfaat	mg/l	30	60 – 110	180
Nitriet (N-NO ₂)	mg/l	0,01	0,07	0,3
Nitraat (N-NO ₃)	mg/l	0,1	3 – 5	10
N-Kj (N-NKj)	mg/l	0,7	2 – 3	9
Ammonium(N-NH ₄)	mg/l	0,1	1 – 3	6,5
Totaal N	mg/l	1	4 – 8	13
Totaal P	mg/l	0,1	0,2 – 1,0	3,0
Ortho P	mg/l	0,03	0,1 – 0,2	1,1
Arseen	µg/l	0,5	0,5 – 1	1
Cadmium	µg/l	-	<0,1	-
Chroom	µg/l	1	2, - 4	15
Koper	µg/l	1	4	14
Kwik	µg/l	0,01	0,01	0,03
Lood	µg/l	2	2	3
Nikkel	µg/l	4	5 – 6	8
Zink	µg/l	5	20 – 30	55

Bij inzet van effluent als bron voor de watervoorziening is het gehalte aan microverontreinigingen van belang. Afhankelijk van de gestelde eisen in de Wvo-vergunning worden microverontreinigingen slechts enkele malen per jaar bepaald in het effluent van de rwzi's.

Het is afhankelijk van de functie (landelijk- of stedelijk) van het gebied waar de rwzi zich bevindt, welke microverontreinigingen die de normen overtreffen van het infiltratiebesluit of de MTR-waarden worden aangetroffen in het effluent. De hoogste concentraties zijn gemeten voor diuron, atrazin en AMPA. Diuron werd veel gebruikt op verharde oppervlakken en in de landbouw om onkruid en mossen te bestrijden. Het gebruik van dit middel is reeds verboden. De belangrijkste toepassing van atrazin is de onkruidbestrijding in de maïsteelt. AMPA is een omzettingsproduct van glyfosaat en van andere stikstofbevattende fosfonaten, die onder andere gebruikt worden in koelwateradditieven en wasmiddelen. In het effluent van rwzi's die voornamelijk gevoed worden met huishoudelijk afvalwater worden concentraties gemeten tot 5 µg/l. Glyfosaat wordt de laatste jaren steeds meer gebruikt in de onkruidbestrijding, als vervanging voor diuron. Van deze stoffen is vastgesteld dat bij regenwaterafvoer de concentraties in het effluent toenemen.

Door het RIZA is onlangs een literatuurstudie uitgevoerd naar de aanwezigheid van medicijnen en hun afbraakproducten in effluent, oppervlaktewater en drinkwater. Hieruit komt het beeld naar voren dat de concentratie in ongezuiverd afvalwater het hoogste is en achtereenvolgens afneemt in effluent, oppervlaktewater en drinkwater. Omdat medicijnen niet periodiek worden toegepast, wordt verwacht dat als in effluent van rwzi's een concentratie wordt gemeten, het betreffende medicijn altijd aanwezig zal zijn. Dit is dus duidelijk afwijkend van de situatie met bestrijdingsmiddelen. In 2001 zal de aanwezigheid van humane en diergeneesmiddelen in rwzi-influent en -effluent, oppervlaktewater en drinkwater worden gemonitord. Beide onderzoeken zullen als RIWA-(humane medicijnen) en RIZA-rapport (diergeneesmiddelen) beschikbaar komen [RIJS,2001]. Ook xeno-oestrogenen zijn aangetoond in effluent van rwzi's in een onderzoek dat is uitgevoerd door RIZA.

Tabel 2 geeft een weergave van de hygiënische kwaliteit van rwzi-effluent. De literatuurreferenties [STOWA (b), 1996], [Medema, 1996] geven aan dat micro-organismen nog ruimschoots aanwezig zijn.

Tabel 2 Hygiënische effluentkwaliteit

Parameter	Aantal /100 ml
Thermotolerante coliformen	10 ⁵ - 10 ⁶
Faecale streptokokken	10 ⁴ - 10 ⁵
Enterovirussen	10 - 100
Giardia	6 - 100 (mediaan = 25)
Cryptosporidium	0,4

2.4 Ontwikkelingen in de afvalwaterzuivering

2.4.1 Kwaliteit

In het kader van de Vierde Nota Waterhuishouding wordt gestreefd naar een gebiedsgerichte aanpak in het waterkwaliteitsbeheer. Uitgaande van deze aanpak zullen op korte en middellange termijn geen landelijk geldende strengere effluenteisen worden gesteld. Bij enkele waterkwaliteitsbeheerders zullen echter vanwege de gebiedsgerichte aanpak extra zuiveringsinspanningen geleverd moeten worden om te voldoen aan de gestelde eisen; met name wanneer effluent wordt geloosd op 'gevoelig' oppervlaktewater (natuurwater). De ontwikkeling om regenwaterrioolstelsels af te koppelen heeft tot gevolg dat bij rwa minder verdunning van het afvalwater optreedt en dat onder deze condities een stabielere bedrijfsvoering mogelijk is en daarmee minder variaties in de effluentkwaliteit.

2.4.2 Kwantiteit

In de toekomst worden steeds meer rioolstelsels afgekoppeld. Dit wil zeggen dat regenwater infiltreert of direct wordt afgevoerd naar het oppervlaktewater, en dat de rwzi minder rwa te verwerken krijgt. Een andere ontwikkeling is de integrale optimalisatie van afvalwatersystemen. Hierbij kan worden gestreefd naar een maximale berging in bestaande rioolstelsels of juist een versnelde afvoer naar de zuiveringsinrichting. Het laatste leidt tot een toename van het afvalwataanbod gedurende rwa.

2.5 Toepassingen voor effluent

In principe kan effluent gebruikt worden voor elke toepassing waar nu drinkwater, grondwater of oppervlaktewater voor wordt gebruikt. Hiervoor moet voldaan worden aan de (al dan niet wettelijke) kwalitatieve eisen die voor een bepaalde toepassing zijn vastgesteld. In tabel 3 zijn de verschillende toepassingen toegelicht aangaande gebruik en potentiële afnemers.

Tabel 3 Toepassingen van effluent

Toepassing	Gebruik	Afnemers/gebruikers
Industriewater	als proces- of spoelwater, koelwater, ketelvoedingswater	industrie
Landbouwwater	als gietwater, drinkingswater, irrigatie	tuinbouw, veeteelt, akkerbouw
Huishoudwater	toiletspoelen, wassen (kieren, auto), sproeien	huishoudens (met tussenkomst van waterleidingbedrijf)
Bluswater	brandbestrijding	gemeente, brandweer
Natuur- en recreatiewater	zwemmen, vissen, varen, suppletie oppervlaktwater	waterbeheerder
Stadswater	peilbeheersing, esthetische functie, beregening	gemeenten, beheerders van parken, golfbanen en sportvelden
Infiltratiewater en (halffabrikaat) drinkwater	infiltreren (grondwatersuppletie), consumeren	waterleidingbedrijf, consumenten, industrie

3 EFFLUENTGEBRUIK IN NEDERLAND

Het gebruik van effluent als bron voor de watervoorziening is in Nederland een nieuwe ontwikkeling. Om de toepassingen van communaal effluent te inventariseren zijn de waterschappen met een zuiveringstaak geïnterviewd. Tevens zijn projecten die door enkele grote ingenieursbureaus op het gebied van effluentgebruik zijn uitgevoerd geïnterviewd. Dit heeft een aantal projecten opgeleverd waarbij niet direct een waterschap betrokken was. In bijlage II is een overzicht opgenomen van projecten die in Nederland in de jaren negentig zijn uitgevoerd. Een lijst met geïnterviewden is opgenomen in hoofdstuk 11. De projecten zijn onderverdeeld in haalbaarheidsstudies, pilotonderzoeken en praktijktoepassingen. Algemene conclusies uit deze projecten zijn in dit hoofdstuk weergegeven. Van de geraadpleegde literatuur is een samenvatting opgenomen in bijlage II.

3.1 Inventarisatie bij waterschappen

Vanaf medio jaren negentig zijn de waterschappen gericht bezig met onderzoek naar de mogelijkheden van de inzet van effluent. In tabel 4 is een overzicht gegeven van het aantal projecten dat uit de inventarisatie naar voren is gekomen. Voor een uitgebreid overzicht van de geïnterviewde projecten wordt verwezen naar bijlage II.

Tabel 4 Geïnterviewde projecten effluentgebruik in Nederland

	Haalbaarheidsstudies	Pilotonderzoeken	Praktijktoepassingen	Totaal
Aantal	29	11	12	52

Algemene conclusies uit de vraaggesprekken zijn:

- Door 21 van de 24 geïnterviewde waterschappen zijn projecten op het gebied van effluentgebruik uitgevoerd.
- Het merendeel van de waterschappen heeft geen gericht beleid geformuleerd als het gaat om het gebruik van effluent. Projecten op het gebied van effluentgebruik komen veelal op een 'ad hoc' manier tot stand.
 - ZS Rivierenland en Waterschap Veluwe hebben effluentgebruik expliciet opgenomen in beleidsplannen. In het integraal beleidsplan (IBP) van ZS Rivierenland is aangegeven dat gestreefd wordt naar het 'benutten' van effluent. WS Veluwe heeft in de meerjarenplannen een taakstelling voor effluentgebruik opgenomen: "Waterschap Veluwe zal zich actief opstellen om de samenwerking met derden (bijvoorbeeld het waterleidingbedrijf) tot stand te brengen om het hergebruik van gezuiverd afvalwater mogelijk te maken".
- Als effluent ná een aanvullende zuivering geloosd wordt als natuurwater, wordt een vorm van effluentgebruik toegepast. Bij enkele waterschappen (bijvoorbeeld Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden, Waterschap Rijn en IJssel) wordt onderzoek verricht naar de haalbaarheid van de MTR-kwaliteit (Maximaal Toelaatbaar Risico).
- De volgende waterschappen hebben een samenwerkingsverband, BV of convenant opgericht waarbij activiteiten op het gebied van effluentgebruik worden uitgevoerd:
 - WS Regge en Dinkel (Aqualink: samenwerking met Waterleiding Maatschappij Overijssel);
 - WS Regge en Dinkel ('Waterpact van Twente', samenwerking met provincie Overijssel, Gemeente Almelo, Gemeente Wierden en WMO voor duurzaam waterketenbeheer);
 - Zuiveringsschap Rivierenland (samenwerkingsovereenkomst met het Waterbedrijf Gelderland);
 - Zuiveringsschap Limburg (e-Water Group: samenwerking met WML);
 - Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden (convenant met Waterleidingbedrijf Midden Nederland);
 - ZS Hollandse Eilanden en Waarden, (intentieverklaring voor onderzoek Hoogvliet met WBE);
 - WS Rijn en IJssel (Waterstromen BV).

- Over het algemeen wordt de potentiële markt voor de afzet van effluent door de waterschappen (nog) niet geïnventariseerd of benaderd. Indien geïnteresseerde afnemers zich aandienen, zijn waterschappen bereid de mogelijkheden van effluentgebruik te onderzoeken. Aangezien er bij de waterschappen geen winstdoelstelling is gedefinieerd, worden er vanuit de waterschappen zelf weinig initiatieven richting de markt ontplooid.
- Over het algemeen bestaat bij de waterschappen de indruk dat de industrie positief staat ten opzichte van effluentgebruik.

3.2 Haalbaarheidsstudies

Onder haalbaarheidsstudies worden bureaustudies verstaan die worden uitgevoerd om te onderzoeken of een idee praktisch en economisch uitvoerbaar is. Hieronder vallen ook bronnenstudies, waarbij verschillende bronnen voor de levering van 'ander water' worden afgewogen. Naast een globale inventarisatie van gebruiksmogelijkheden wordt in de haalbaarheidsstudie veelal een kostprijsberekening opgenomen, waarbij de zuiverings- en transportkosten worden berekend. In een afweging worden de kosten voor de levering van 'ander water' vergeleken met de kosten voor drinkwater of alternatieve bronnen. In bijlage II zijn de haalbaarheidsstudies opgenomen. Op het kaartje van afbeelding 1 is de ligging van de haalbaarheidsprojecten in Nederland weergegeven.



Afbeelding 1 Locatie van haalbaarheidsstudies effluentgebruik

Uit de haalbaarheidsstudies zijn de volgende algemene conclusies te trekken:

- Effluent als bron voor de watervoorziening wordt niet gekozen als er een andere bron (veelal oppervlaktewater) voorhanden is.
- In situaties waarbij effluent een gelijkwaardig alternatief vormt voor oppervlaktewater, speelt het ontbreken van maatschappelijk draagvlak voor de inzet van effluent een rol, waardoor deze optie niet nader in de besluitvorming wordt meegenomen.
- Bij kleinschalig gebruik van effluent drukken de algemene kosten zwaar op de prijs per m³. Projecten waarbij hergebruik van effluent wordt toegepast, of in ruimere zin: 'ander water'-projecten, worden pas economisch haalbaar bij grootschalige levering. Het is daarom zinvol de mogelijkheden tot clustering of 'centrale levering' te onderzoeken.
- Voor vrijwel alle toepassingen (half fabriek voor drinkwater, huishoud-, industrie-, natuur- en recreatiewater) is nazuivering van effluent nodig. De meest genoemde zuiveringsopzetten bestaan uit één of meerdere filtratiestappen (snelfiltratie, membraanfiltratie, actief kool) en een desinfectiestap. In bijlage I komen de zuiveringstechnieken uitgebreid aan de orde.
- Als normen niet (industriewater) of nog niet (huishoudwater) wettelijk zijn vastgelegd, valt of staat de haalbaarheid van de effluentgebruikprojecten met de door de gebruiker gedefinieerde kwaliteitseisen. Zeer strenge kwaliteitseisen leiden veelal tot een uitgebreide zuiveringsopzet met navenante hoge zuiveringskosten.

Inzicht in de prijsontwikkeling van drinkwater is van belang om te komen tot een economische afweging tussen drinkwater en 'ander water', met rwzi-effluent als bron. Al zijn de kosten van drinkwater aanvankelijk lager dan voor 'ander water', dan kan, indien de kosten van drinkwater netto meer stijgen dan de kosten voor 'ander water', een langetermijnafweging alsnog in het voordeel van 'ander water' uitvallen.

3.3 Pilotonderzoeken

In bijlage II is een overzicht gegeven van de pilotonderzoeken die door de Nederlandse waterschappen op het gebied van effluentgebruik zijn uitgevoerd. In afbeelding 2 zijn de locaties waar pilotonderzoeken in Nederland zijn uitgevoerd, weergegeven. De pilotonderzoeken die in Nederland zijn uitgevoerd, zijn gericht op vlokingsfiltratie, membraanfiltratie, continue zandfiltratie, UV-desinfectie, actief kool en helofytenfilters. Uit de uitgevoerde pilotonderzoeken zijn de volgende algemene conclusies te trekken:

- technisch is het mogelijk effluent te zuiveren tot iedere gewenste kwaliteit, de afweging die gemaakt wordt is: welke kosten en welke milieubelasting brengt dit met zich mee;
- voor de toepassing van membraanfiltratie is het van belang het effluent te karakteriseren, zodat op voorhand een keuze gemaakt kan worden voor het membraantype en de wijze van zuiveren (fysisch en chemisch) van de membranen;
- om effluent effectief in te zetten, is inzicht nodig in de biologische stabiliteit en nagroeipotentie van het nagezuiverde effluent;
- er is meer inzicht vereist in de verwijderingscapaciteit voor pathogene organismen.

3.4 Praktijktoeepassingen

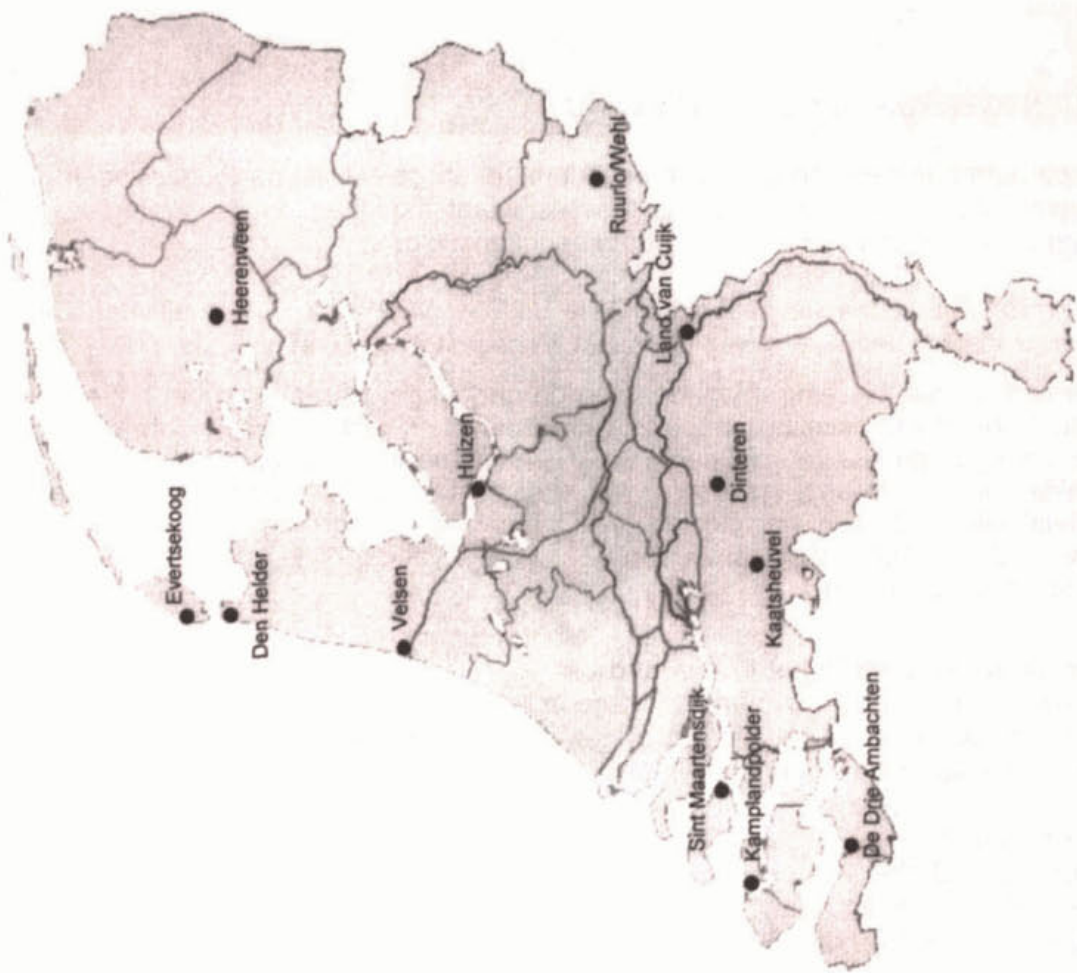
In bijlage II is een overzicht van de praktijktoepassingen opgenomen. Op het kaartje van afbeelding 3 is de ligging van de praktijktoepassingen in Nederland weergegeven.

De praktijktoepassingen van effluent hebben de volgende algemene kenmerken:

- Het zijn toepassingen op kleine tot middelgrote schaal (< 100 m³/h).
- De toegepaste technieken zijn over het algemeen eenvoudig (helofytenfilters), de normen voor deze toepassingen zijn niet streng en zijn van toepassing op een beperkt aantal parameters.
- Bij de genoemde praktijktoepassing is geen strenge kwaliteitscontrole, bij incidentele overschrijding van de normen zijn er geen directe risico's voor mens en milieu.
- Bij enkele praktijktoepassingen wordt gezuiverd met geavanceerdere technieken (continue filtratie, membraanfiltratie).



Afbeelding 2 Locaties pilotonderzoeken effluentgebruik



Afbeelding 3 Locaties praktijktoepassingen effluentgebruik

4 EFFLUENTGEBRUIK IN HET BUITENLAND

In deze paragraaf is een kort overzicht opgenomen van gerealiseerde toepassingen van gebruik van effluent voor de watervoorziening. Tevens wordt ingegaan op de strategieën die in het buitenland worden gehanteerd om effluent te benutten als bron.

Wereldwijd is waterschaarste de belangrijkste drijfveer voor gebruik van effluent. De inzet van effluent als irrigatiewater is verreweg de meest toegepaste vorm van gebruik.

De wijze van gebruik is sterk afhankelijk van de ontwikkelingsgraad van het betreffende land of continent. In hoog ontwikkelde landen zijn procedures en technologieën ontwikkeld om risico's voor de volksgezondheid te minimaliseren. Hier tegenover staat gebruik van effluent in laag ontwikkelde landen, waarbij gestreefd wordt naar een "beheersbaar" risico voor de volksgezondheid, uitgaande van simpele technieken/technologieën en lage kosten. Deze benadering past binnen de richtlijn voor gebruik van gezuiverd afvalwater die is opgesteld door de WHO (World Health Organisation).

4.1 Toepassing effluent in het buitenland

Tabel 5 geeft een overzicht van enkele hergebruikprojecten van effluent waarbij is uitgegaan van de verschillende toepassingen als industriewater, huishoudwater, natuurwater, recreatiewater, stadswater en halffabrikaat voor drinkwater.

Verenigde Staten

In de Verenigde Staten zijn per staat voor de verschillende toepassingen van effluent normen ontwikkeld [EPA, 1992]. Aan de hand van een drietal projecten is de benadering van effluentgebruik in de VS geïllustreerd.



St. Petersburg, Florida

In St. Petersburg, Florida, woonden in 1990 zo'n 240.000 mensen. Sinds 1972 wordt rwzi-effluent opgewerkt voor: irrigatiedoeleinden, bluswater en industriewater. Overtollig opgewerkt effluent wordt in de bodem geïnfiltreerd in een zoute waterlaag (± 250 m diepte, 22.000 mg/l Cl). Er wordt dus geen effluent meer geloosd op oppervlaktewater. De capaciteit van de vier afvalwaterzuiveringsinstallaties bedraagt 260.000 m³/dag. In 1989 werd daarvan ongeveer 65.000 m³/dag afgenomen voor bovengenoemde gebruiksdoeleinden. De belangrijkste reden om effluent te gebruiken is waterschaarste.

Tabel 5 Toepassingen van effluentgebruik in het buitenland

Toepassing	Plaats, land	Omschrijving	Referentie
Industriewater	Port Elizabeth, Zuid-Afrika	Productie van proceswater (demonstratie).	[Crook e.a. , 1992]
	Singapore	Levering aan Jurong Industrial Estate. Zandfiltratie en chloordesinfectie, opslag in overdekte tank op bergtop.	[Okun, 1997]
	San Jose, VS	Effluent als industriewater, irrigatie en overige toepassingen. Samenwerking tussen diverse actoren in afvalwaterbehandeling en watervoorziening.	[Garcia e.a., 1997]
Landbouwwater	Tallahassee, Florida, VS	Beregend oppervlak: 700 ha, capaciteit 81.000 m ³ /dag.	[Crook e.a. , 1992]
	Mexico City, Mexico	Debiet voor irrigatie: 3,5 Mm ³ /dag, uiteindelijk doel is 50. 000 ha beregenen met effluent.	[Takashi Asano, 1998], [Ramos, 1997]
	Irvine Ranch, Californië, VS	Oorspronkelijk landbouwwater. Later ook inzet voor openbaar groen, huishoudens, recreatiedoeleinden.	[Young, 1997]
Huishoudwater	Tokyo, Japan	Grootschalige toepassing van huishoudwater, met name in scholen en kantoren.	[Crook e.a. , 1992]
	Rouse Hill, Australië	Tweede leidingnet zodat leidingdiameter kleiner is om stilstaand water in uithoeken van drinkwaternet te voorkomen.	[Okun, 1997]
Natuur- en recreatiewater	Berlijn, Duitsland	Rwzi Ruhleben, tevens bron voor drinkwater.	[Asano, 1998]
	Tokyo, Japan	Geïntegreerd systeem met huishoudwater.	[Okun, 1997]
	Caribisch gebied	Beregening golfterreinen.	[Crook e.a. , 1992]
Stadswater	St Petersburg, USA	Grootschalige toepassing voor beregening parken en gazonnen , 79 000 m ³ /dag.	[Johnson, 1991]
Halffabrikaat drinkwater	Knokke/Heist, België	Infiltratie om zoutwaterintrusie tegen te gaan.	[van Houtte e.a., 1998]
	Windhoek, Namibië	Productie van drinkwater, capaciteit: 21.000 m ³ /dag.	[Asano, 1998]
	Orange County, VS	Infiltratie om zoutwaterintrusie tegen te gaan.	[Crook e.a. , 1992]
	San Diego, VS	Productie van drinkwater (demonstratie).	[Asano, 1998]
	Denver, VS	Productie van drinkwater (demonstratie).	[Asano, 1998]

Los Angeles County

Het Sanitation District of Los Angeles County verzorgt de afvalwaterinzameling en behandeling van 4,5 miljoen inwoners en meer dan 5.000 industrieën. De toepassingen van het opgewerkte effluent zijn: irrigatie van parken, golflinks, openbaar groen, landbouw en industriële toepassingen als koelwater, proceswater papierindustrie, textielindustrie en cementindustrie en voor stofcontrole en bodemcompactie. Tevens wordt het toegepast voor grondwateraanvulling (oppervlakkige infiltratievijvers, ongeveer 2/3 van het totale debiet). De belangrijkste reden om effluent te gebruiken is waterschaarste. Daarbij komt dat effluentzuivering goedkoper is dan grondwaterwinning door gebruik te maken van de afvalwaterzuiveringinfrastructuur.

Irvine Ranch Water district in California

Sinds 1967 wordt effluent gebruikt voor de watervoorziening. Oorspronkelijk ging het om irrigatiewater voor landbouwdoeleinden. Tegenwoordig wordt het opgewerkte effluent gebruikt voor irrigatie van openbaar groen en huishoudens, voor recreatiedoeleinden en voor het spoelen van toiletten. De industriële toepassingen zijn koelwater, proceswater voor cementindustrie, textiel-industrie en autowasserijen. Momenteel bestaat ongeveer 15 % van de watervoorziening in het voorzieningsgebied uit opgewerkt effluent.

Japan

In Japan zijn diverse projecten gerealiseerd voor het gebruik van effluent. In Japan ligt de nadruk veel meer op industriële toepassingen dan in de VS, waar de nadruk meer op irrigatie ligt. De ontwikkeling van effluentgebruik heeft zich in Japan geheel anders ontwikkeld dan in de VS. In Japan is slechts de helft van de bevolking op de riolering aangesloten en Japan is zeer dicht bevolkt. Met name in de dichtbevolkte steden is de behoefte aan alternatieven voor de watervoorziening groot. In principe zijn de hergebruikprojecten gericht op waterbesparing in kantoren, flatgebouwen, fabrieken en scholen. Daarnaast wordt effluent gebruikt voor toilet-spoelingen, het smelten van sneeuw op de openbare wegen en landschaps- of stadswater. Het 'Bureau of Sewerage' van het stadsbestuur van Tokio is een van de trekkers geweest op het gebied van effluentgebruik in Japan. De kwaliteitseisen omvatten met name pathogene micro-organismen en esthetische parameters (geur, kleur, troebelingsgraad). De kostprijs van hergebruik van effluent in Japan bedraagt gemiddeld 80 % van de kostprijs van drinkwater, maar kan oplopen tot 100 %. In 2000 bedroeg de gemiddelde kostprijs van drinkwater in Japan ongeveer \$ 1,88 [Ogoshi e.a., 2000].

Op praktijkschaal wordt energie teruggewonnen uit effluent. In Tokio wordt met behulp van een warmtepomp de energie voor airconditioning en verwarmingsdoeleinden gebruikt. In Saporu wordt er met behulp van de warmte uit effluent sneeuw op de openbare wegen gesmolten om ze zo begaanbaar te maken [Funamizu e.a., 2000].

Australië

In Australië worden als gevolg van waterschaarste diverse initiatieven ontplooid om effluent als bron te benutten. In Australië is een (concept) normenstelsel ontwikkeld dat afhankelijk van het aantal *Faecale Coliën* in het water, een geoorloofde mate van blootstelling noemt. Deze normstelling is gekoppeld aan alle denkbare toepassingen. Hieruit is afgeleid welke minimale zuiveringsinspanning per toepassing nodig is. [Anderson, 2000].

In de hoofdstad van Zuid-Australië, *Adelaide*, is een project in uitvoering waarbij effluent in de bodem wordt opgeslagen (Aquifer Storage) om vervolgens te worden benut voor irrigatiedoeleinden. Hierbij is gezocht naar een grondwaterpakket dat overeenkomt met de kwaliteitseisen die aan het irrigatiewater worden gesteld. Hierdoor is voor het infiltreren geen extra zuivering noodzakelijk [Kracman e.a., 2000].

In *Queensland* is een aantal irrigatieprojecten opgestart waarbij de nadruk ligt op het genereren van draagvlak door de bevolking in alle stadia van besluitvorming en uitvoering te betrekken. De projecten zijn derhalve zodanig ingericht dat voor technologen en niet-technologen de zuivering inzichtelijk is [Gibson en Apostolidis, 2000].

Afrika

Een praktijktoepassing van effluent als directe bron voor drinkwater is te vinden in de hoofdstad van *Namibië*, *Windhoek*. De installatie levert 24.000 m³/dag, genoeg om 200.000 mensen te voorzien van drinkwater. De zuivering bestaat uit verschillende stappen. Zo wordt eerst al het water uit verschillende bronnen verzameld (oppervlakte, riool- en regenwater) en wordt het grove vuil verwijderd. Daarna wordt alle met het oog zichtbare vervuiling verwijderd met een zandfilter.

Daarna wordt het water gesteriliseerd met ozon. Vervolgens wordt het water behandeld met twee verschillende actief koolfilters. Het eerste filter verwijdert de organische belasting, het tweede pesticiden en andere toxische stoffen. Vervolgens worden de micro-organismen verwijderd door middel van ultrafiltratie. Tenslotte wordt chloor toegevoegd om te voorkomen dat in het waterleidingnet bacteriegroei optreedt. Het water zal voldoen aan alle internationale normen zowel van de Wereldgezondheidsorganisatie als die van de Europese Unie [H₂O11, 2000].

Europa en Middellandse Zee landen

In Europa en de landen rondom de Middellandse Zee zijn diverse niet-drinkwatertoepassingen van effluent bekend.

In *Israël* zijn het afgelopen decennium twee grote projecten gerealiseerd, waarvan de Dan-regio zuivering in de 'Greater Tel Aviv' regio (95 Mm³/jaar) de grootste is. Het effluent van 1,5 miljoen inwoners wordt in de bodem geïnfiltreerd met als doel opslag en zuivering. Na een verblijf van 2 maanden in de bodem wordt het effluent opgepompt en 100 km getransporteerd voor irrigatiedoeleinden [Lazarova, 2000].

In *Tunesië* zijn sinds 1960 diverse effluentgebruiktoepassingen ontwikkeld. Meer dan 44 rwzi's produceren 130 Mm³ effluent per jaar dat wordt gebruikt voor irrigatie van 6500 ha. De wetgeving is ingericht op de organisatie van de zuivering, distributie en kwaliteitscontrole van het gebruikte water [Lazarova, 2000].

Op het Franse eiland *Nourmoutier* bleek effluent de meest goedkope optie om het watertekort aan te vullen. De kostprijs bedraagt tussen € 0,23 - 0,30. Alternatieven waren brak grondwater en zeewater. Het gezuiverde effluent wordt gebruikt voor irrigatie en zal voor 100 % voorzien in de (irrigatie)waterbehoefte [Xu e.a., 2000].

In *Zuidoost Engeland* is de eerste toepassing van effluent in Europa voor halffabriek drinkwater in 1997 gerealiseerd door het waterbedrijf Essex&Suffolk Water. Het project is genaamd *Chelmer Augmentation Wastewater Reuse Scheme*. Het gezuiverde effluent wordt gecontroleerd op aanwezigheid van virussen en oestrogenen [Lazarova e.a., 2000].

In *België* is de schaarste aan goed grondwater de oorzaak van het gebruik van effluent voor industriële en indirecte drinkwatertoepassingen. Van de rwzi Wulpen zal meer dan 2,5 miljoen m³/jaar worden behandeld middels microfiltratie en omgekeerde osmose (RO) en gedurende 1-2 maanden worden opgeslagen in de bodem en gebruikt voor de drinkwaterproductie [Lazarova e.a., 2000].

4.2 Analyse van de benadering van effluentgebruik in het buitenland

Effluentgebruik vereist effectieve maatregelen om de volksgezondheid en het milieu te beschermen. Voor het succesvol implementeren van effluentgebruik is technische en economische haalbaarheid een vereiste. In de verschillende landen zijn verschillende risicomanagements-benaderingen ontwikkeld, die zijn vastgelegd in normen en richtlijnen voor waterhergebruik. De benaderingen variëren tussen een aanpak gebaseerd op hoogwaardige technologie/hoge kosten/laag risico en eenvoudige technologie/lage kosten/aanmerkelijk risico, afhankelijk van de lokale balans tussen welvaart, ontwikkelingsgraad en risico [Anderson e.a., 2000].

De risico's van een specifieke toepassing van effluentgebruik zijn hetzelfde; waar ook ter wereld. Daarom is het mogelijk om een internationale set van normen te ontwikkelen met een getrapte benadering van lage kwaliteit/hoog risico en hoge kwaliteit /laag risico. De risico's worden bepaald door blootstelling, dosis en respons. Deze zijn een functie van de gekozen toepassing, de toepassingsmethode en de plaatselijke omstandigheden. Aanvaardbare risico's worden bepaald door lokale omstandigheden en kosten. De keuze voor een bepaalde set normen zou daarom

lokaal (nationaal/provinciaal) moeten worden bepaald. Internationale regelgeving zou derhalve richtlijnen moeten verschaffen hoe de risico's moeten worden beoordeeld en beheerst om een aanvaardbaar risico in de gegeven omstandigheden te bereiken [Anderson e.a., 2000].

Voor het in kaart brengen van risico's en het bewaken/beheren van de risico's, zijn diverse modellen ontwikkeld. De meeste methoden kennen een aanpak zoals die ook bij de in de industrie gangbare Hazard Analysis Critical Control Points (HACCP) methodiek wordt gehanteerd. Van alle processtappen wordt de kans op uitval beoordeeld met de bijbehorende gevolgen. Ook wordt met behulp van statistische methoden de kans op een gemiddeld of afwijkend zuiveringsrendement berekend. Door dit voor elke zuiveringsstap te doen wordt een risicoanalyse van de gehele zuivering verkregen [Diaper e.a., 2000; Eisenberg e.a., 2000;]

In aride en semi-aride gebieden is effluentgebruik een vitaal onderdeel van de ontwikkelingspotentie waarbij op lange termijn in de waterbehoefte kan worden voorzien en waarbij zowel het milieu als de volksgezondheid optimaal kan worden gewaarborgd. In gematigde klimaten zoals in Nederland, is de drijvende kracht achter het zoeken naar toepassingen voor effluent: lokale watertekorten, zeer strenge regulering van de onttrekking van alternatieve bronnen of economische overwegingen (hoge kosten voor drinkwater en/of grondwateronttrekking) [Lazarova e.a, 2000].

5 INVLOEDSFACTOREN BIJ EFFLUENTGEBRUIK

5.1 Algemeen

Bij de afweging om effluent te gebruiken als bron voor 'ander water' spelen diverse invloedsfactoren een rol. De partij die effluent als product wil leveren, zal een analyse van de markt moeten uitvoeren en daarvoor de belangrijkste invloedsfactoren in kaart moeten brengen.

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste invloedsfactoren bij het gebruik van effluent als bron voor 'ander water' op hoofdlijnen belicht, te weten actoren en draagvlak, techniek en kwaliteit, kosten en organisatievorm. In deel 4 (Bijlagen) is van een aantal invloedsfactoren een gedetailleerde uitwerking opgenomen.

5.2 Actoren bij effluentgebruik

Partijen die een rol spelen bij de inzet van effluent als bron voor de watervoorziening zijn:

Rijksoverheid:

Het beleid voor de Nederlandse watervoorziening is verdeeld over vier ministeries: het ministerie van Verkeer en Waterstaat (V&W), ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), ministerie van Economische Zaken (EZ) en het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (LNV).

De streefbeelden voor de ontwikkelingen in de watersector zijn onder andere vastgelegd in de vierde Nota Waterhuishouding (V&W), BDIV (Beleidsplan Drink en Industriewatervoorziening), Hoofdlijnennotitie, de hoofdlijnen voor een nieuwe Waterleidingwet (VROM) en de DTO-visie (EZ, VROM en V en W).

De volgende doelen, geformuleerd in de Vierde Nota Waterhuishouding, vormen de basis om effluent in te zetten als bron voor de watervoorziening [4e Nota Water; BDIV, 1996].

- *Provincies streven, conform het BDIV, in hun waterhuishoudingsplannen naar beëindiging van de landelijke groei van de grondwaterwinningen per 2000. Voor de eigen winning van grondwater door de industrie dient gestreefd te worden naar een vermindering van het grondwatergebruik in 2000 van 40 % ten opzichte van de prognose.*
- *Het bevorderen van waterbesparing en hergebruik van water.*
- *Er dienen scherpere criteria voor het gebruik van grondwater te worden gesteld (hoog/laagwaardig gebruik, vervangbaarheid en efficiëntie).*

Provincie:

De provincie is verantwoordelijk voor het waterbeleid en voor afstemming op regionaal niveau van de aanverwante beleidsvelden: milieu, ruimtelijke ordening en natuur. De provincie is aandeelhouder/commissaris, belanghebbende en toezichthouder van de waterschappen, gemeente en waterleidingbedrijven. Het waterbeleid van de provincie wordt door de rijksoverheid opgelegd en op provinciaal niveau uitgewerkt in provinciale beleidsplannen (Waterhuishoudingsplan, Provinciaal Omgevingsplan, Milieuplan, Streekplan). In een provinciaal beleidsplan kan een doelstelling voor drinkwaterbesparing geformuleerd zijn, hetgeen de basis kan vormen voor de inzet van effluent als bron voor de watervoorziening. In een nadere uitwerking om dit doel te bereiken kan besloten worden over te gaan op gebruik van 'ander water', waarbij effluent een mogelijke bron vormt [FlevoLand, 2000]. In provincies waar verdroging een rol speelt kan het gebruik van 'ander water' een middel zijn om te voldoen aan de vermindering van het grondwatergebruik [Stowa (a), 1996].

Gemeente:

De gemeente is onder andere verantwoordelijk voor ontwatering van stedelijk gebied (inclusief riolering aanleggen, onderhouden en beheren) en de bescherming van natte natuur.

Bij de inzet van effluent als bron van de watervoorziening is de gemeente betrokken wanneer effluent als natuurwater of stadswater wordt gebruikt. Indien effluent als bron voor huishoud- of industriewater dient, speelt de gemeente een rol bij de planning en aanleg van de leidingeninfrastructuur.

Waterschap:

Het waterschap draagt zorg voor kwantiteits- en kwaliteitsbeheer van regionale wateren. Van alle waterschappen is een kleiner gedeelte belast met de zuivering van communaal afvalwater (rwzi's). Bij de inzet van effluent als bron voor de watervoorziening is het waterschap de 'leverancier' van effluent.

Waterleidingbedrijf:

Het waterleidingbedrijf is wettelijk verplicht continu voldoende drinkwater van een vastgestelde kwaliteit te leveren aan huishoudens en industrie. Het waterleidingbedrijf is verplicht zorg te dragen voor leveringszekerheid en continuïteit. In de nieuwe Waterleidingwet/hoofdpijnennotitie is beschreven dat de waterleidingbedrijven het exclusieve recht behouden op de drink- en huishoudwatervoorziening [VROM (b), 1998]. Omdat effluent een mogelijke bron voor huishoudwater vormt, is het waterleidingbedrijf betrokken bij effluentgebruik.

Waterketenbedrijf:

Een nieuwe ontwikkeling in de watervoorziening zijn waterketenbedrijven, waarbij het waterleidingbedrijf en het waterschap een samenwerkingsverband aangaan. Levering van 'ander water' is één van de activiteiten, waarbij rwzi-effluent een mogelijke waterbron vormt.

Onderzoeksinstellingen:

Bij de ontwikkeling en vaststelling van normen en zuiveringstechnieken spelen onderzoeksinstellingen een belangrijke rol. Ondersteuning door deze onderzoeksinstellingen, kan het maatschappelijk draagvlak mogelijk vergroten.

Industrie:

De industrie is een grootgebruiker van 'ander water'. Hiervoor wordt de term 'industriewater' gebruikt. Onder industriewater valt zowel water met een hoogwaardige kwaliteit (bijvoorbeeld 'demiwater') als met een laagwaardige kwaliteit (bijvoorbeeld 'koelwater'). Het watergebruik in de industrie wordt voor het grootste deel toegerekend aan koeldoeleinden.

Overige gebruikers:

Naast de industrie zijn potentiële gebruikers van 'ander water' op basis van effluent: huishoudens, landbouwbedrijven, (beheerders van) parken en natuurgebieden. De acceptatie van effluent als bron voor de watervoorziening door de gebruikers, is essentieel voor het welslagen van projecten op het gebied van effluentgebruik.

5.3 Strategie voor het creëren van draagvlak voor effluentgebruik bij de actoren

Wanneer gesproken wordt over het bereiken van acceptatie door betrokken actoren bij het gebruik van rwzi-effluent als bron voor de drinkwatervoorziening, spelen de volgende aspecten een belangrijke rol:

- beleving;
- kennisniveau;
- motivatie;
- (milieu)kosten;
- techniek en afbreukrisico.

5.3.1 Beleving

Het is belangrijk om bewust te zijn dat de keuze voor toepassing van effluent niet alleen gemaakt wordt op basis van feiten. Het woord effluent roept niet bij iedereen een prettig gevoel op, helemaal al niet wanneer er gesproken wordt over de mogelijkheid dat dit bij u uit de kraan zal komen (al dan niet na een uitgebreide zuivering). In een traject om te komen tot implementatie van effluentgebruik, dient dan ook vooraf een strategie te worden uitgestippeld hoe de emotionele aspecten te benaderen. Het is daarbij van belang om niet alleen aandacht te besteden aan de directe klanten, maar ook aan andere factoren zoals politiek, maatschappelijke leiders en onafhankelijke deskundige instanties [Katz, 1997].

5.3.2 Kennisniveau

De inzet van effluent als waterbron is in Nederland een nieuwe ontwikkeling. Dit betekent dat het kennisniveau van potentiële klanten relatief laag is. In een traject om te komen tot effluentgebruik dient daarom gestreefd te worden naar een vroegtijdige communicatie met de klanten over alle aspecten die samenhangen met effluentgebruik: achtergronden en motieven, techniek, kosten, kwaliteit, leveringszekerheid en procedure.

5.3.3 Motivatie

Uitgangspunten voor effluentgebruik zijn overwegingen die worden gemaakt binnen de eigen organisatie. Deze motieven staan echter niet los van normen en waarden binnen de huidige maatschappij. Voordat een traject naar uiteindelijke realisatie van effluentgebruik wordt ingezet, dienen de motieven en drijfveren inzichtelijk te zijn voor de eigen organisatie en dient hierover consensus te bestaan. Deze motieven kunnen echter gaandeweg het implementatietraject wijzigen.

5.3.4 Kosten

De kosten voor toepassing van effluentgebruik in relatie tot de kosten van alternatieven (grondwater, oppervlaktewater, brak grondwater) zullen een rol spelen in de acceptatie door de klant(maatschappij). Hierbij spelen ook verwachte ontwikkelingen van de kosten een rol. Tevens dient aandacht te worden geschonken aan milieubelasting die (op dit ogenblik) niet in kosten kunnen worden uitgedrukt. Naast kosten zijn er ook baten die inzichtelijk dienen te worden gemaakt (reductie van heffingen etc.).

5.3.5 Techniek en afbreukrisico

Afhankelijk van de toepassing zullen er eisen gesteld dienen te worden aan het toelaatbare afbreukrisico. Hierbij kan gedacht worden aan leveringszekerheid en back-upsystemen en zaken als infectierisico of ecotoxiciteit. Bovengenoemde aspecten zullen zich vertalen in de keuze van processen en technieken waarmee aan de gestelde eisen kan worden voldaan.

Op basis van bovenstaande overweging dient reeds in een vroegtijdig stadium van het onderzoek aandacht te worden besteed aan een strategie voor acceptatie. Als voorbeeld is hierna de aanpak van een project van effluentgebruik in San Diego (VS) beschreven [Katz, 1997].

In San Diego (VS) is in 1993 tijdens de onderzoeksfase direct het publiek betrokken. Dit is gedaan door de mening van potentiële klanten telefonisch te peilen. Daarnaast zijn 'onafhankelijke' deskundigen van overheidsinstanties (als VROM-inspectie volksgezondheid, RIVM) en onderzoeksorganisaties (zoals KIWA en universiteiten) betrokken die hun steun voor effluentgebruik publiekelijk hebben uitgesproken. Vervolgens zijn vier panels van verschillende bevolkingsgroepen geselecteerd die vragen kregen voorgelegd over welke toepassingen voor hen nog aanvaardbaar zouden zijn. Ook gemeenschaps- en politieke leiders zijn benaderd over hun houding ten aanzien van het eventuele gebruik van effluent. Op basis van bovenstaande aanpak is inzicht verkregen in de houding van het publiek en daarmee de haalbaarheid van verschillende toepassingen van effluentgebruik. Op grond van deze kennis is een projectvoorstel voorgelegd aan een onafhankelijk panel van nationaal erkende deskundigen.

Vervolgens is het projectvoorstel na beoordeling door het panel van deskundigen aangepast en voorgelegd aan een commissie, samengesteld uit een brede laag van de bevolking. Deze commissie heeft 5 maanden de tijd gehad om de aspecten te beoordelen (gezondheidsrisico's, financiën, alternatieven, beschikbare technologie, maar ook maatschappelijke acceptatie). De commissieleden bleken vervolgens uitstekende promotors van het project naar hun achterban. Ook in de ontwerpfase is het publiek via inspraak en informatiebijeenkomsten regelmatig geïnformeerd.

5.4 Technische aspecten

De keuze voor de optimale zuivering en de optimale organisatie van de levering wordt naast normen voor de kwaliteit, het streven naar minimale milieu-effecten en kosten, bepaald door diverse procestechnische aspecten. Belangrijke aandachtspunten hierbij zijn:

- kwaliteit effluent en toepassingseisen;
- zuiveringstechnieken en processen;
- neveneffecten die voortkomen uit het sluiten van de watervoorzieningskringloop;
- nagroeipotentie;
- leveringszekerheid.

5.4.1 Kwaliteitsaspecten

Het is van belang om in een vroeg stadium te beoordelen of de kwaliteit van vraag en aanbod overeenkomen en welke (zuiverings)maatregelen nodig zijn om deze overeen te laten stemmen. In hoofdstuk 2 is een overzicht gegeven van de kwaliteit van het aangeboden effluent. Het accent is gelegd op de derde generatie rwzi's omdat de kwaliteit van effluent van deze rwzi's representatief is voor de toekomstige effluentkwaliteit in Nederland. De kwaliteit van dit effluent is dermate hoog (laag gehalte aan opgeloste organische verbindingen, nutriënten en gesuspendeerde stoffen) dat het kan concurreren met andere bronnen. De eisen die worden gesteld aan de waterkwaliteit van het (gezuiverde) effluent verschillen sterk per toepassing en zijn voor sommige toepassingen nog niet uitgekristalliseerd (o.a. huishoudwater). In Bijlage III is een uitgebreid overzicht opgenomen van de huidige kwaliteitsnormen die gelden voor de te leveren 'ander water' toepassingen.

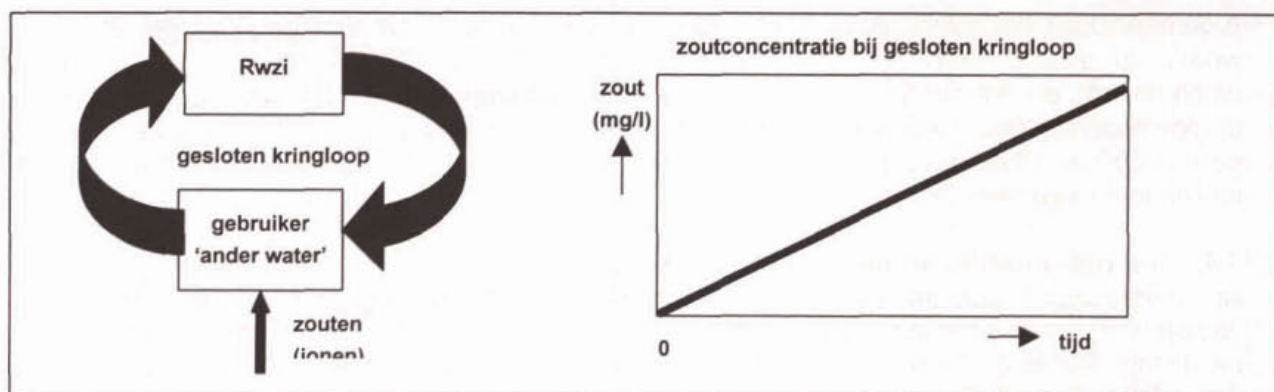
5.4.2 Nazuivering van effluent

De kwaliteitseisen die aan het (gezuiverde) effluent worden gesteld verschillen per toepassing. De zuiveringsinspanning die geleverd moet worden om van effluent bruikbaar water te maken zijn daarom ook per toepassing verschillend. Opgemerkt wordt dat er vaak meerdere zuiverings-scenario's mogelijk zijn. Bij de beschreven zuiveringsopzetten in deel 2 zijn alleen de kritische zuiveringsonderdelen nader belicht. In de zuiveringsschema's zijn opslag, transport, distributie en vrijkomende afvalstromen niet opgenomen. De besproken zuiveringstechnieken staan uitgebreid beschreven in deel 4 (Bijlagen).

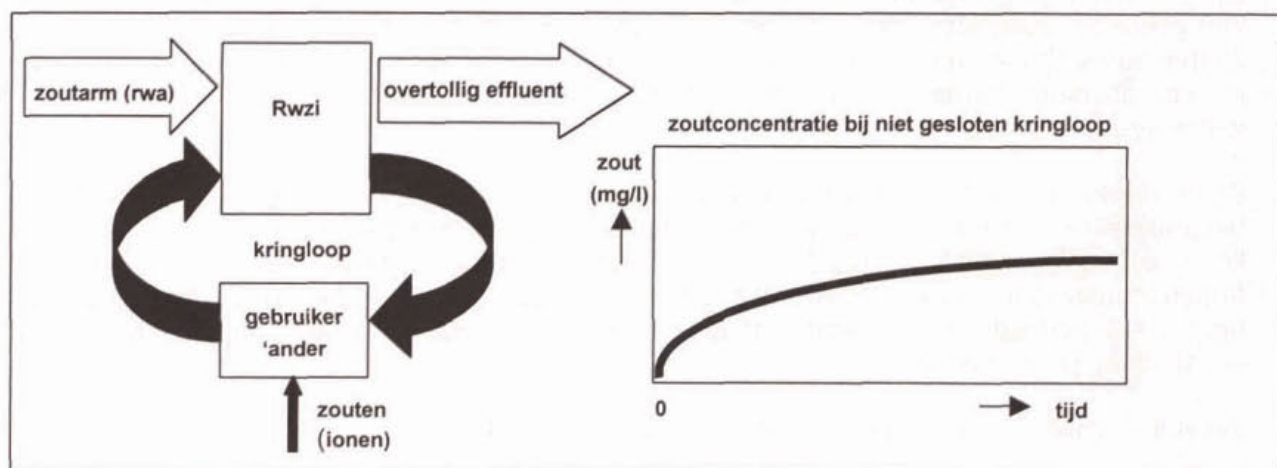
5.4.3 Kringloopsluiting in de watervoorzieningsketen

Bij huishoudelijk en industrieel gebruik van drinkwater worden zouten en andere niet of slecht afbreekbare componenten aan het water toegevoegd. In een rwzi worden deze opgeloste stoffen niet verwijderd uit het water. Indien de waterketen gesloten is, dit wil zeggen dat al het water dat gebruikt wordt effluent als bron heeft, zal het gehalte aan zouten en niet afbreekbare componenten na verloop van tijd toenemen tot (oneindig) hoge concentraties (afbeelding 4).

Indien slechts een deel van het afvalwater uit hergebruikt effluent bestaat (en het overige deel drink- of regenwater is), zal de concentratie oplopen tot een semi-evenwicht is bereikt (afbeelding 5). Indien deze maximale concentratie te hoog is, moet rekening worden gehouden met aanvullende maatregelen, zoals het toepassen van ontzouting of mogelijkheden tot verdunning.



Afbeelding 4 Verloop zoutconcentratie bij gesloten kringloop 'effluentgebruik'



Afbeelding 5 Verloop zoutconcentratie bij niet volledig gesloten kringloop

Om te berekenen hoe hoog de concentratie zout bij het ontstaan van het semi-evenwicht is, moeten de volgende stappen worden doorlopen:

- schetsen van de waterstromen en opstellen water- en stofbalans;
- kwalificeren van de waterstromen (debiet, zoutvracht);
- gedurende een paar recirculatie rondes de zoutvracht berekenen, totdat semi-evenwicht is bereikt.

5.4.4 Recirculatie spoelwaterstromen op rwzi

Indien op de rwzi technieken worden toegepast, waarmee stoffen uit het water worden verwijderd en deze stoffen via recirculatie weer terug worden geleid naar de aanvoer van de rwzi, kan ophoping in de rwzi op treden. Ook hiervoor geldt een identieke redenering als is beschreven in de voorgaande paragraaf. In principe kan alleen een oneindig hoge concentratie zouten in het proceswater van de rwzi ontstaan indien de barrière voor stoffen absoluut is. In de praktijk is dit alleen het geval indien de gehele stroom middels RO-membraanfiltratie of ionenwisseling vergaand ontzout wordt.

5.4.5 Leveringszekerheid

Indien effluent wordt ingezet als bron voor de watervoorziening, is het van belang een bepaalde leveringszekerheid te garanderen. Hiermee dient reeds bij het maken van het ontwerp van het leveringsplan (zuivering, transport en distributie) rekening te worden gehouden.

Algemeen kan de leveringszekerheid van een watersysteem worden gedefinieerd als de mate waarin dat systeem kan voldoen aan de vraag naar drinkwater, rekening houdend met storingen, calamiteiten en rampen. In de VEWIN 'Aanbevelingen voor de leveringszekerheid van drinkwatersystemen' [VEWIN, 1994] is een richtlijn voor leveringszekerheid opgesteld. Deze is gericht op een situatie die optreedt bij calamiteiten, bijvoorbeeld de gevolgen van het uitvallen van individuele elementen.

5.4.6 Nagroeipotentie en biologische stabiliteit

Als nagezuiverd effluent wordt gebruikt, is een van de belangrijkste uitgangspunten bij het vaststellen van de kwaliteit het voorkomen van verstopping, nagroei en aantasting in het transport- en distributiestelsel. Deze processen worden in hoofdzaak veroorzaakt door biologische activiteit die ontstaat als gevolg van de aanwezigheid van opgeloste voedingsstoffen in het geproduceerde water. In hoeverre deze aanwezig zijn hangt af van de toegepaste zuivering: Als het effluent bijvoorbeeld wordt nagezuiverd met vlokingsfiltratie en ultrafiltratie, wordt vergaande verwijdering van gesuspendeerde en colloïdale deeltjes bereikt. Bij vlokingsfiltratie worden tevens opgeloste stoffen zoals ammonium, fosfor en organische verbindingen verwijderd. Het ultrafiltratiemembraan is een absolute barrière voor bacteriën en virussen; opgeloste stoffen worden echter niet verwijderd.

Bij de drinkwaterproductie wordt gestreefd naar een zeer laag gehalte aan voedingsstoffen. Een belangrijke richtwaarde die hierbij wordt gehanteerd is het gehalte aan assimileerbaar organisch koolstof (AOC), uitgedrukt in $\mu\text{g C-acetaat/l}$. Om verstopping bij infiltratieputten en nagroei in transportstelsels te voorkomen, wordt gestreefd naar een AOC-waarde van minder dan $10 \mu\text{g/l}$. Bij hogere AOC-waarden wordt veelal transportchlorering toegepast. Het AOC-gehalte van effluent ligt substantieel hoger (tabel 6).

Tabel 6 Assimileerbaar organisch koolstof (AOC) in rwzi-effluent

Rwzi	AOC-gehalte ($\mu\text{g/l}$)
Tilburg	260
Hoogvliet	95-365

Bij aanwezigheid van opgeloste voedingsstoffen ($\text{AOC} > 10 \mu\text{g/l}$) kan, om nagroei in het transport- en distributiestelsel te voorkomen, een desinfectans gedoseerd worden met een nawerking tot aan het distributiepunt. Momentane desinfectie gevolgd door een gesloten transport- en distributiesysteem waarbij geen herbesmetting kan optreden is in de praktijk moeilijk te realiseren en wordt niet als een reële optie beschouwd bij effluentgebruik. Een selectie van de meest toegepaste desinfectiemiddelen is opgenomen in bijlage I.

5.5 Organisatorische aspecten

Projecten op het gebied van 'ander water' vereisen een bijzondere organisatie, aangezien er verschillende partijen bij betrokken kunnen zijn en dus vele belangen een rol spelen (paragraaf 5.2). Bij de levering van 'ander water' uit effluent vormt het waterschap, als leverancier van het effluent, altijd een partij. De manier waarop het waterschap of zuiveringsschap en andere partijen bij deze projecten betrokken zijn, hangt af van de gekozen organisatievorm. Deze paragraaf geeft een beknopt overzicht van de wijze waarop de levering van 'ander water' organisatorisch gestalte kan krijgen.

5.5.1 Initiatief door waterleidingbedrijf

De levering van huishoudwater en industriewater uit effluent kan ondergebracht worden bij een waterleidingbedrijf. In de hoofdlijnennotitie van VROM wordt de exclusieve concessie aan de waterleidingbedrijven gedaan voor eigendom/beheer en exploitatie van huishoudwater [VROM (b)

1998]. Voor industriewater wordt een gefaseerde invoering van de vrije markt vastgesteld, te beginnen met de grootverbruikers ($>100.000 \text{ m}^3/\text{jaar}$). De levering aan de kleinverbruikers blijft in eerste instantie aan het waterleidingbedrijf voorbehouden. Waterleidingbedrijven zijn semi-overheidsinstellingen. De belangrijkste consequentie van deze status is dat er niet wordt gehandeld uit winstoogmerk, met als voornaamste argument de bescherming van de consument.

De industriële watervoorziening is echter een taak die deze bescherming niet behoeft, zodat deze activiteit zich uitstekend leent voor commerciële doeleinden. Op deze manier kunnen semi-overheidsinstellingen als waterleidingbedrijven zich middels de industriële watervoorziening op de commerciële markt begeven. Door de overheid is de markt voor de waterlevering van meer dan $100.000 \text{ m}^3/\text{j}$ per leverantie vrijgegeven. Uit het vrijgeven van de industriële watermarkt volgt dat er zich diverse aanbieders op de markt begeven. Indien deze moeten concurreren met een non-profit organisatie kan er sprake zijn van oneerlijke concurrentie door kruissubsidiëring. Kruissubsidiëring in de watervoorziening betekent het overhevelen van inkomsten verkregen met de levering aan de gebonden klanten (huishoudens, kleine zakelijke verbruikers) naar levering aan niet-gebonden klanten. De waterleidingbedrijven zullen dan moeten (kunnen) aantonen dat ze geen kruissubsidiëring toepassen of worden gedwongen de commerciële activiteiten af te stoten.

5.5.2 Uitbesteding

Dit is de minst vergaande vorm van privatisering. Alleen de daadwerkelijke productie van goederen en diensten wordt aan de private sector overgelaten. De bekostiging en beslissingsmacht blijft bij de overheidsinstelling, in dit geval het waterschap of zuiveringsschap. Een voorbeeld hiervan is het uitbesteden van de slibdroging van de rwzi Heerenveen aan een Zwitsers bedrijf. Het waterschap levert effluent voor de koeling van het slibdroogproces [A].

5.5.3 Publiek-private samenwerking

Bij een publiek-private samenwerking gaat het om een samenwerking tussen één of meerdere organisaties uit het openbaar bestuur of publieke organisatie en een private instelling. Deze werken dan gezamenlijk aan de realisering van een onderling overeengekomen doelstelling. Dit gebeurt in een tijdelijk organisatorisch verband, met behoud van eigen identiteit en zonder dat de eigen doelstellingen worden opgegeven. Het motief voor de samenwerking kan liggen op het financiële vlak (kostenbesparing, rendement en risicospreiding). Vaak wordt ervan uitgegaan dat de samenwerking synergievoordelen heeft. Op het gebied van effluentgebruik zijn samenwerkingsverbanden mogelijk tussen bijvoorbeeld het waterschap en enkele industriële bedrijven, al dan niet met een waterleidingbedrijf. Een ander voorbeeld is de samenwerking tussen een waterschap en de exploitant van een recreatiepark.

Problemen die kunnen ontstaan bij een publiek-private samenwerking komen voort uit het feit dat overheidsinstellingen afhankelijk worden van hun "partners" die winst nastreven. Het is daarom van belang tussen de partijen overeenstemming te bereiken over de beleidskeuzen en doelstelling en dit eenduidig vast te leggen.

5.5.4 Externe verzelfstandiging

Hieronder valt het oprichten van een aparte organisatie zoals een besloten vennootschap (bv), vereniging onder vennootschap (vof), naamloze vennootschap (nv) of stichting. De verzelfstandiging van overheidsinstellingen is in Nederland een ontwikkeling van de laatste decennia. Taken worden hierbij aan een zelfstandige eenheid opgedragen buiten de (rijks) overheid. De verantwoordelijkheid van de overheidsinstelling neemt hierbij af. Zowel de beslissingsmacht als de bekostiging van de overheidsinstelling worden beperkt. Een voordeel van het op deze manier scheiden van de kernactiviteiten is dat duidelijk blijft welke inkomsten en uitgaven op welk gebied plaatsvinden en dat een transparante beeldvorming ontstaat. Tevens kunnen risicovolle activiteiten afgestoten worden.

5.6 Milieueffecten

Bij de overweging effluent in te zetten als bron van de watervoorziening speelt "het milieu" een nadrukkelijke rol. Er wordt van uitgegaan dat gebruik van effluent en daarmee kringloopsluiting het milieu ten goede komt. Door kringloopsluiting kan grondwater als "duurzame bron" worden ingezet voor de drinkwatervoorziening. Het reserveren van grondwater voor de drinkwatervoorziening betekent echter dat voor andere toepassingen alternatieve bronnen moeten worden ingezet. Als vervolgens de inzet van een andere bron een grotere belasting voor het milieu vormt, kan de milieuwinst van een gereduceerde grondwateronttrekking teniet worden gedaan. Bij het meten van milieueffecten is de afbakening belangrijk. Worden bijvoorbeeld de effecten over het komende decennium of over de komende eeuw bekeken? Wordt ook de brandstof van vervoer van chemicaliën meegenomen? Daarnaast is het belangrijk de effecten te kwantificeren, om vervolgens alternatieven te kunnen vergelijken.

Voor het bepalen van de verandering in milieubelasting van de drinkwatervoorziening en afvalwaterbehandeling zijn in diverse studies LevensCyclusAnalyses (LCA) uitgevoerd [DHV, 1997; STOWA (b), 1996; Voorhoeve, 1996]. In het Stowa-rapport "Het zuiveren van stedelijk afvalwater in het licht van duurzame milieuhygiënische ontwikkeling" wordt voor de LCA geconcludeerd dat de standaard LCA-methodiek voor het toetsen van duurzaamheid van de behandeling van stedelijk afvalwater niet zonder meer geschikt is. Een aantal belangrijke effecten die samenhangen met de lozing van CZV en de productie van finale afvalstoffen worden namelijk niet standaard meegenomen. Verder blijven aspecten als stank en geluid, en de lozing van pathogenen, buiten beschouwing. De LCA-methodiek steekt in op milieueffecten op een mondiale schaal, terwijl effluentgebruik met name op een lokale schaal effect zal sorteren [Stowa (b), 1996].

Wanneer de lozing van effluent op oppervlaktewater beëindigd wordt, omdat effluent wordt toegepast als bron voor de watervoorziening, kan dit ingrijpende gevolgen hebben voor de waterhuishouding van het betreffende gebied. De afvoer van sommige watergangen bestaat voor een groot deel uit effluent, met name in de zomer. Wanneer de effluentlozing wegvalt, kunnen watergangen droogvallen. Ook kan dit een vermindering van de vuillast op het oppervlaktewater betekenen. Aan de andere kant kan het ook een vermindering van de doorspoeling van de watergangen betekenen, waardoor juist weer verslechtering van de waterkwaliteit optreedt. Het effect dat optreedt wordt bepaald door de verhouding van de waterkwaliteit van het effluent ten opzichte van de kwaliteit van het ontvangende water.

In bijlage I is een tabel opgenomen met een beschrijving van milieueffecten van zuiveringstechnieken. De milieuaspecten die globaal aan bod komen zijn: energie, chemicaliën, restproducten en ruimtebeslag. Milieueffecten (voorraaduitputting, humane toxiciteit, enz) zijn situatiespecifiek en zijn derhalve buiten beschouwing gebleven.

5.7 Ecotoxicologische en gezondheidkundige aspecten

Bij gebruik van effluent voor toepassingen waarbij sprake is van direct contact met mens en dier, spelen gezondheidkundige aspecten een belangrijke rol. Ook voor toepassingen waarbij sprake is van indirect contact met mens en dier zijn gezondheidkundige aspecten van belang. Over het algemeen geldt dat per toepassing (drinkwater, zwemwater etc.) normen zijn opgesteld die mede tot doel hebben de volksgezondheid afdoende te beschermen (zie paragraaf 5.4.1.). Derhalve dienen deze normen te worden getoetst in hoeverre het effluent kan worden toegepast en welke inspanning nog moet worden gepleegd om aan de normen te voldoen. Voor lozing van effluent op oppervlaktewater met een natuurfunctie gelden zogenaamde Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR)-waarden die gebaseerd zijn op het voorkomen van ongewenste toxische effecten op organismen in het ontvangende ecosysteem [4^eNota Waterhuishouding, 1999]. In bijlage I is een overzicht gegeven van organismen en stoffen die in effluent aanwezig kunnen zijn en die een risico voor de volksgezondheid of ecosystemen vormen. Per groep van organismen of componenten is de schadelijkheid voor de volksgezondheid en de mate van voorkomen in effluent geschetst.

5.8 Economische aspecten

De economische aspecten bestaan uit kosten en baten van de winning, zuivering en levering van water bereid uit effluent in relatie tot de levering uit alternatieve bronnen.

5.8.1 Kosten en baten

De kosten van winning van effluent zijn nihil, aangezien over het gebruik van effluent geen belastingen worden geheven zoals de grondwaterbelasting. Ook zal er geen ECOTax over de levering van toepassingen van effluent worden geheven. De kosten bestaan dus uit kosten voor de zuivering en het transport en procesvoering en onderhoud. De opbouw van deze kosten is uitgewerkt in bijlage I-3.

De levering van 'ander water' kan een aantal baten opleveren. Hierbij valt te denken aan eenmalige subsidies in het kader van stimuleringsmaatregelen gericht op technische innovatie en duurzaam gebruik van water en energie. Deze subsidies zullen echter verdwijnen naarmate de toepassing meer gangbaar wordt. Ook is het mogelijk dat structurele baten worden gegenereerd door het uitsparen van ECOTax op waterlevering of lozingskosten van effluent. De hoogte van de baten is locatiespecifiek en bedraagt in 2000 gemiddeld f0,05 per m³. De verwachting is dat dit in de toekomst zal toenemen door een uitbreiding van het instrument ECOTax. Naast de bovengenoemde in geld uit te drukken baten kunnen er ook (nog) niet in geld uit te drukken baten zijn, zoals een toegenomen belevings- of natuurwaarde van een gebied als gevolg van een verbeterde waterkwaliteit. Het in beeld brengen van natuurwaarden kan door het waarderen van het aantal soorten organismen (planten/dieren) in een natuurgebied. Belevingswaarde kan inzichtelijk worden gemaakt door het inventariseren van meningen van gebruikers en het geformuleerde beleid. Deze meningen en dit beleid dienen vervolgens te worden gewaardeerd. Dit is een methode die in de toekomst een rol kan spelen om een eerlijke economische afweging te maken tussen alternatieve scenario's [Witteveen□Bos(b) , 2000].

5.8.2 Referentiekader

Het referentie- of afwegingskader van de klant bestaat uit de beschikbare alternatieven zoals rechtstreeks gewonnen grondwater, oppervlaktewater of leidingwater. Zowel de kwaliteit als de kostprijs zijn van belang in de beoordeling door de klant of interesse bestaat voor water dat is bereid uit effluent.

Wat de kostprijs (per m³) betreft geldt het volgende plafond:

- f 0,60 - f 1,00 indien grondwater wordt gebruikt (> 10 m³/h). Door een toename in de rijksbelasting en provinciale heffingen (2001) zal f 0,40 per m³ van de kosten van een eigen grondwaterwinning en -behandeling door belastingen (potentiële baten) worden gevormd. Voor kleinschalige winningen (< 10 m³/h) hoeft geen vergunning te worden aangevraagd en geen belasting te worden betaald; hiervoor zullen de kosten dus aanmerkelijk lager zijn.
- f 1,50 - f 4,00 indien drinkwater wordt ingezet. De prijs die bedrijven voor het afgenomen drinkwater betalen varieert per waterleidingbedrijf en per omvang van de levering.
- Wat oppervlaktewater betreft geldt slechts een zeer lage onttrekkingsbelasting (f 0,02 per m³), maar de zuiveringskosten zullen sterk uiteenlopen afhankelijk van de toepassing.

5.8.3 Ontwikkelingen in de economische haalbaarheid

In de toekomst spelen de volgende ontwikkelingen een rol in de bepaling van de economische haalbaarheid van waterlevering uit effluent:

- Door schaalvergroting en de toepassing van Informatie & Communicatie Technologie zullen de operationele kosten en proceskosten bij waterleidingbedrijven in de toekomst dalen waardoor ook de kostprijs van drinkwater kan dalen. Daarentegen zal de vraag naar drinkwater als gevolg van de productdifferentiatie (waterlevering op 'maat') en toenemende waterbesparing in huishoudens en industrie leiden tot een (substantiële) afname van de watervraag en daarmee een minder kosteneffectieve productie.

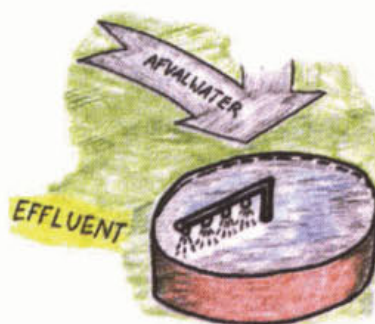
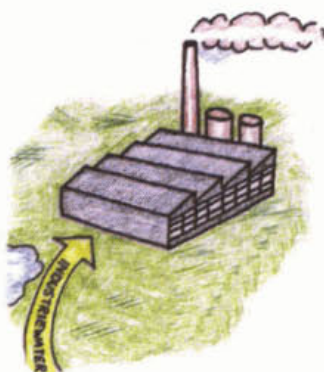
- Door (belasting) maatregelen ter bescherming van de grondwatervoorraad zullen de kosten van drinkwater en grondwater toenemen.
- Door toepassing van ECOTax op het leveren van drinkwater (f 0,40 per m³ in 2001, was f 0,285 in 2000) nemen de kosten voor drinkwater sterk toe.
- Door beëindiging van vergunningen om (grootschalig) grondwater te onttrekken zal naar alternatieve bronnen moeten worden gezocht voor drinkwater en industriewater.
- Door de verwachte vrije marktwerking in de drinkwatersector wordt nu reeds gezocht door de waterleidingbedrijven naar concurrerende prijsstellingen voor 'ander water' leveringen. Er wordt daarbij naar diverse bronnen gekeken.

Op grond van bovengenoemde ontwikkeling, is de verwachting dat de geleidelijke stijging van de drinkwaterprijs zal worden gecontinueerd (2 - 5 procent prijsstijging per jaar).

Uit bovenstaande tendensen kan worden afgeleid dat de levering van industriewater, landbouwwater en huishoudwater uit effluent vooral kansrijk is in gebieden waar gezocht wordt naar alternatieve bronnen voor grondwater en daar waar drinkwater wordt ingezet voor 'ander water' toepassingen.

Voor het bepalen van de economische haalbaarheid van de levering van natuurwater en stadswater uit effluent is het van belang of de baten in de vorm van een toegenomen belevings- en natuurwaarde opwegen tegen de kosten van de extra zuivering van effluent.

DEEL 2 TOEPASSINGEN VAN EFFLUENT



6 STAPPENPLAN VOOR EFFLUENTGEBRUIK

6.1 Algemeen

Op basis van de uitgevoerde inventarisatie van effluentgebruik in Nederland en in het buitenland, is inzicht verkregen in de invloedsfactoren op de besluitvorming. In dit hoofdstuk is een stappenplan uitgewerkt, waarbij wordt nagegaan in hoeverre het kansrijk is rwzi-effluent in te zetten als 'ander water' (paragraaf 6.2). Van hoofdstuk 7 tot en met 11 wordt per hoofdstuk een toepassing van rwzi-effluent behandeld. Elk hoofdstuk sluit af met een wegwijzer ten behoeve van de beoordeling van de haalbaarheid. Deze wegwijzer volgt het in dit hoofdstuk gepresenteerde stappenplan. Wanneer eenmaal een kansrijke optie is geselecteerd dienen een verantwoord ontwerp en een verantwoorde procesvoering te worden gerealiseerd. Hiertoe is eveneens een stappenplan gepresenteerd (paragraaf 6.3).

6.2 Stappenplan ten bate van besluitvorming

Een succesvolle aanpak om effluent in te zetten als bron van 'ander water' staat of valt met een goede sterkte/zwakte-analyse (zie tabel 7). Het onderkennen van kansen en bedreigingen slaagt het beste als de missie duidelijk is geformuleerd, omdat deze als het ware de bril vormt waardoor men naar de omgeving kijkt.

Tabel 7 Kansenmatrix (SWOT-analyse)

	Positief	Negatief
Intern (eigen organisatie)	sterk	zwak
Extern (omgeving)	kansen	gevaaren

De analyse van de kansen en gevaren en sterke en zwakke punten kan worden ingevuld door volgens een vooraf opgezet stappenplan de benodigde gegevens te verzamelen en te beoordelen. De te verzamelen informatie kan op hoofdlijnen worden samengevat, zoals in afbeelding 6 is weergegeven. Het verzamelen van deze informatie komt erop neer dat de invloedsfactoren op de besluitvorming (zie hoofdstuk 5) volledig in kaart worden gebracht. Uiteindelijk worden strategische beslissingen genomen op basis van zowel een externe als een interne analyse en zal op alle onderdelen die in het stappenplan worden genoemd een helder en volledig beeld dienen te zijn verkregen.

Vragen voor analyse van de vraag of markt (kansen/gevaren)	Vragen voor analyse van het aanbod (sterkte/zwakte)
- actoren ? - wat ? - hoeveelheid - kwaliteitseisen - leveringszekerheid - proceseisen - bronkwaliteit - waar ? - wanneer ? - wat mag het kosten ? - toekomstige ontwikkelingen ? - alternatieve bronnen ? - maatschappelijke acceptatie ?	- wat ? - hoeveelheid - kwaliteit - leveringszekerheid - waar ? - wanneer ? - hoeveel ? - leveringskosten ? - interne organisatie ?

Afbeelding 6 Informatieverzameling voor een inventarisatie van de invloedsfactoren

Voor de beantwoording van de vraag of de inzet van effluent kansrijk is, kan het in afbeelding 7 weergegeven stappenplan als hulpmiddel dienen.

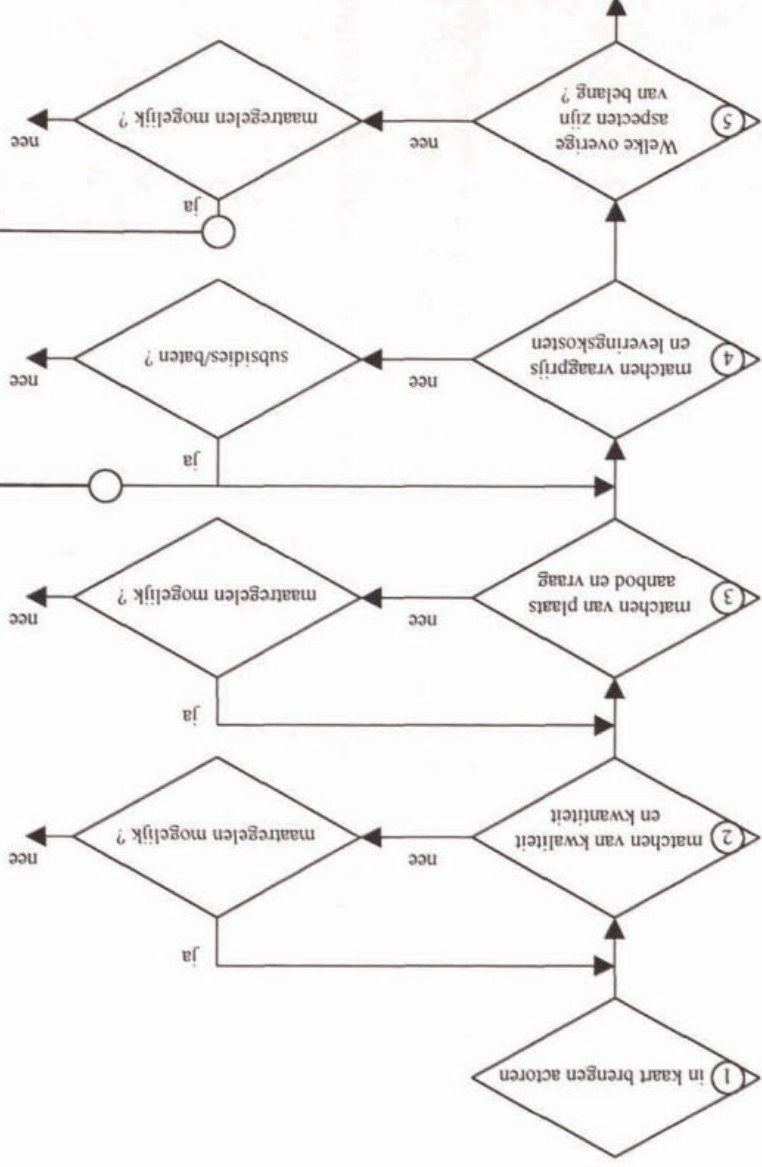
stap 1) Het in kaart brengen van de actoren met hun opstelling ten aanzien van de inzet van effluent dient in een vroeg stadium plaats te vinden, aangezien ze (als 'spelers' op de markt) waarschijnlijk wel invloedbaar zijn en aan de andere kant een grote rol spelen in het bepalen van een succesvolle strategie om draagvlak voor benutting van effluent te verkrijgen.

stap 2) Om te kunnen bepalen welke behoefte er is aan effluent, dient de afweging te worden gemaakt of de gevraagde en geleverde kwaliteit en kwantiteit voor een specifieke toepassing overeen kunnen komen. Het vergelijken van de aangeboden en gevraagde kwaliteit en kwantiteit levert inzicht in de omvang van de inspanning. De te leveren inspanning vertaalt zich in afzonderlijke technieken en processen ter verkrijging van de gewenste kwaliteit.

stap 3) Vervolgens zullen productielocatie en de plaats van bestemming (industrialterrein, woonwijk, natuurgebied etc.) moeten worden vergeleken. Met name de afstand en de aanwezige infrastructuur (kunstwerken) tussen de productielocatie en de plaats van vraag bepalen de benodigde transportmaatregelen. De zuiverings- en transportinspanning bepalen de investeringskosten. Naast de investeringskosten zullen ook de kosten voor grondbeslag van de zuivering, voorbereidingskosten (onderzoek, vergunningen etc.), procesvoering en overheid moeten worden meegenomen.

stap 4) Op basis van een inventarisatie welke prijs nu wordt betaald voor het uit alternatieve bronnen geleverde product en op basis van een vergelijking met de berekening van de kostprijs van het uit effluent te leveren product, kan inzicht in de haalbaarheid en in de marges worden verkregen. Dit inzicht is nodig om de onderhandelingen met de afnemer van productwater uit effluent te kunnen voeren.

stap 5) De marge tussen vraagprijs en aanbodprijs geeft inzicht in welke aanvullende zaken kunnen worden geboden en geleverd (en welke winstmarge er overblijft). Hierbij kan gedacht worden aan leveringszekerheid, bluswatergarantie, verminderde milieubelasting etc.

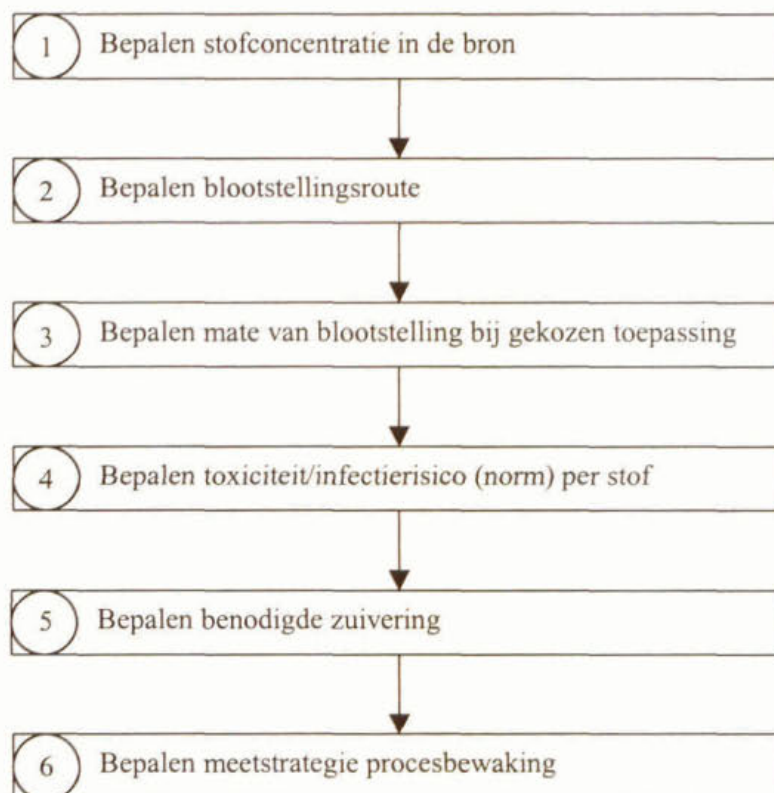


Abbeelding 7 Stappenplan kansanalyse effluentgebruik

Op basis van het stappenplan (afbeelding 7) zijn concrete vragen geformuleerd die beantwoord moeten worden om een volledig beeld te krijgen van de marktpotentie van effluent. In dit deel van het rapport zijn de achtereenvolgende vragen bij de beoordeling van de haalbaarheid van effluentgebruik per toepassing gekoppeld aan verwijzingen naar relevante informatie in het compendium. De tabel in de afsluitende paragraaf per hoofdstuk over een toepassingsmogelijkheid, kan als handleiding dienen bij het opzetten van een haalbaarheids- of marktonderzoek naar de levering van rwzi-effluent.

6.3 Stappenplan verantwoord ontwerp en procesvoering

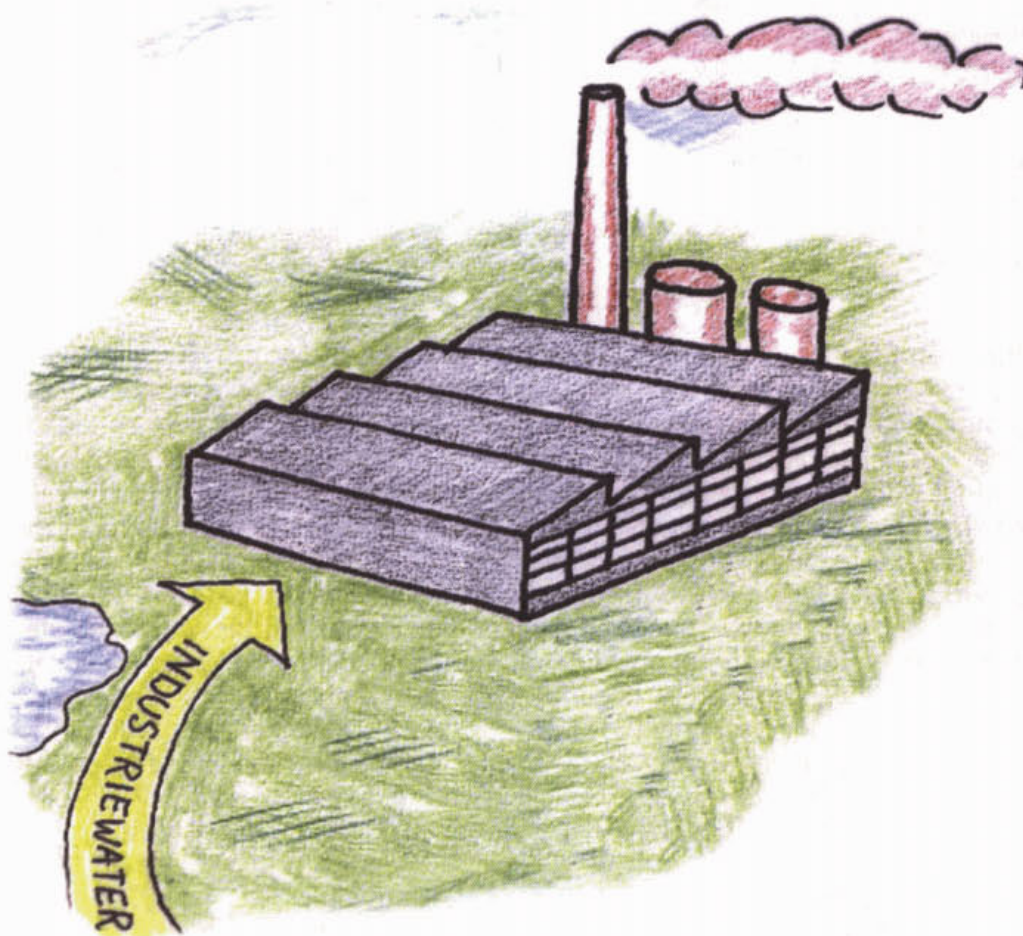
Bij de watervoorziening speelt de volksgezondheid een belangrijke rol. Zo hanteert de rijksoverheid als norm dat niet meer dan één op de 10.000 consumenten per jaar ziek mag worden van het gebruik van (drink)water voor huishoudelijke doeleinden [VROM(a), 1998]. Door het RIVM is een stappenplan ontwikkeld om te komen tot een verantwoord ontwerp en procesvoering van een zuiveringsinstallatie met het oog op de levering van (drink)water aan huishoudens. Deze benadering is weergegeven in afbeelding 8 [RIVM, 1997].



Afbeelding 8 Stappenplan verantwoord ontwerp en procesvoering zuivering effluent

In principe zijn de drinkwaternormen en de MTR-normen een maat voor een verantwoorde toxiciteit of infectierisico. Daarom kunnen de normen worden toegepast bij het bepalen van stap 4.

7 INDUSTRIEWATER



7.1 Algemeen

In de industrie wordt water voor verschillende doeleinden ingezet. Veel gebruikte toepassingen van industriewater zijn:

- proces- of spoelwater: water dat tijdens de productie direct in contact kan komen met de grondstoffen, halfproducten of eindproducten;
- (secundair) koelwater: wordt gebruikt voor koeling tijdens het productieproces en mag daarbij niet in aanraking komen met de grondstoffen, halfproducten of eindproducten;
- (ketel)voedingswater: wordt gebruikt ter opwekking van stoom.

7.2 Omvang van de industriewatervraag

Om de potentiële vraag naar industriewater op basis van effluent inzichtelijk te maken, kunnen verschillende situaties worden onderscheiden:

1. effluent in plaats van drinkwater;
2. effluent in plaats van oppervlaktewater of grondwater;
3. effluent in nieuwe industriegebieden.

In tabel 8 is het waterverbruik in de industrie vanaf 1981 gepresenteerd [CBS,1999]. Het geprognoseerde gebruik in het gearceerde gedeelte van de tabel is berekend onder de voorwaarden die bij 1) en 2) onder de tabel zijn aangegeven. Hier wordt in ad 3 nader op ingegaan.

Tabel 8 Watergebruik in de industrie, verleden en prognose [Mm³/j]

	1986	1991	1996	2000	2020
Drink- en grondwater	509	475	423	436 ¹⁾	623 ¹⁾
Oppervlaktewater	3800	2640	2106	2000 ²⁾	2200 ²⁾
Totaal	4309	3115	2529	2436	2823
Koelwater	3902	2695	2104	1950	2260
Percentage van totaal	90 %	87 %	83 %	80 % ²⁾	80 % ²⁾

1) Uitgegaan is van het 'EC-scenario', opgesteld door het CPB. Hierbij zijn voor de lange termijn drie prognoses opgesteld voor de groei van de Nederlandse economie. In alle drie de scenario's wordt ervan uitgegaan dat de groei van het waterverbruik zal doorzetten. Het EC-scenario is het gemiddelde scenario [Mülschlegel en Kragt, 1998].

2) Prognose uitgaande van 0,5 % groei per jaar van watergebruik

ad 1 Effluent in plaats van drinkwater:

In tabel 8 is het drinkwatergebruik voor industriële doeleinden weergegeven. De levering van 'ander water', waaronder industriewater door waterleidingbedrijven is sedert 1986 tot 1997 toegenomen met circa 20 % tot 67 Mm³/j. Verwacht mag worden dat deze ontwikkeling doorzet. Echter, het industriële drinkwatergebruik bedraagt per jaar zo'n 200 Mm³, waarvan 80 Mm³/j aan 300 grote afnemers (>100.000 m³/jaar). Een groot deel daarvan wordt in de provincie Zuid-Holland geleverd. Voor kleine bedrijven in de rest van Nederland mist men de schaalvoordelen om de levering van 'ander water' ter vervanging van drinkwater rendabel te maken [Vewin (a), 1998]. Door waterleidingbedrijven wordt voor de levering van industriewater vaak in eerste instantie naar de eigen bronnen gekeken. In het ontwerp van de uitbreiding van de productielocatie Beerenplaat door NV Waterbedrijf Europoort is uitgegaan van de productie van halffabrikaat drinkwater dat ingezet wordt als industriewater [Vewin (a), 1998]. De inzet van effluent als bron voor industriewater wordt door waterleidingbedrijven echter in toenemende mate als potentiële mogelijkheid gezien. Ook zal er een vrijstelling van leverancierkeuze worden opgenomen in de nieuwe Waterleidingwet voor bedrijven die meer dan 100.000 m³/jaar afnemen.

ad 2 Effluent in plaats van oppervlaktewater of grondwater:

Effluent kan ingezet worden in plaats van oppervlaktewater of grondwater. Allereerst is een inschatting gemaakt van het debiet industriewater dat jaarlijks wordt gebruikt voor koeldoeleinden. In het rapport Waterwinning en Watergebruik bij doelgroepen [Mülschlegel & Kragt, 1998] is aangegeven dat het grootste deel van het oppervlaktewater in de industrie gebruikt wordt als koelwater (94 % in 1996; tabel 8). De vervanging van effluent in situaties waar oppervlaktewater wordt gebruikt, is zinvol als er economische voordelen zijn te behalen. Dit kan indien:

- het rwzi-effluent van een betere kwaliteit is waardoor het een eenvoudige zuivering behoeft;
- de transportafstand tot de rwzi korter is dan tot het oppervlaktewater.

Van het grondwater wordt het grootste deel van het brakke/zoute grondwater als koelwater gebruikt (90 % in 1996), van het zoete grondwater wordt een kleiner deel (36 % in 1996) als koelwater gebruikt. Op basis van onderzoek naar besparingsmogelijkheden bij de industrie is verondersteld dat er geen belangrijke besparingen gehaald kunnen worden op het gebruik van drinkwater binnen de industrie, maar wel binnen het gebruik van grondwater voor koeldoeleinden [Krachtwerktuigen, 1992]. De potentie voor effluent ligt derhalve voornamelijk daar waar zoet grondwater wordt gebruikt als koelwater. Zoet grondwater wordt dan gereserveerd voor hoogwaardige doeleinden.

ad 3 Effluent in nieuwe industriegebieden:

In tabel 8 is de prognose voor het watergebruik in de industrie weergegeven. Het debiet aan koelwater in 2020 bedraagt op basis hiervan 2260 Mm³ /jaar (toename ten opzichte van 2000 met 310 Mm³). Als ervan wordt uitgegaan dat voor 10 % van de toename van het koelwaterverbruik effluent kan worden ingezet, is het mogelijke effluentgebruik in de industrie in de toekomst (2020) circa 30 Mm³/jaar.

Bij veel industrieën wordt reeds effluent gebruik toegepast, in de vorm van kringloopsluiting binnen de industrie. Hierbij wordt effluent van de 'eigen' afvalwaterzuiveringen (awzi), eventueel na een extra zuiveringsstap, opnieuw ingezet als proceswater. Recycling van gezuiverd afvalwater is met name interessant in die gevallen waarbij de betreffende industrie vergaande verwijdering van nutriënten, organische componenten en gesuspendeerde stoffen nastreeft.

7.2.1 Voorbeeldprojecten industriewater

De volgende voorbeeldprojecten zijn illustratief voor de toepassingsmogelijkheden van effluent als (basis voor) industriewater.

haalbaarheidsonderzoek zuiveringstechniek voor industriewaterproductie

Naar aanleiding van een onderzoek, uitgevoerd op de rwzi Ede, waarbij de mogelijkheden van opwerking van rwzi-effluent tot huishoud- of industriewater met behulp van vlokkingfiltratie in een pilotopstelling zijn onderzocht, is een haalbaarheidsstudie uitgevoerd. Het doel van deze haalbaarheidsstudie is om na te gaan of met behulp van langzame zandfiltratie (LZF) een vergaande verbetering van de hygiënische kwaliteit en biologische stabiliteit kan worden gerealiseerd. Uit het haalbaarheidsonderzoek komt naar voren dat met LZF bacteriologisch betrouwbaar en biologisch stabiel water kan worden geproduceerd [Kramer 2000] [9].

bereiding e-water rwzi Kaffenberg

In 1998 is door de NV Waterleidingmaatschappij Limburg en het Zuiveringschap Limburg in opdracht van de e-Water Group B.V. een onderzoek gestart naar aanvullende zuivering van effluent, met als doel te komen tot een kringloopsluiting over clusters van industrieterreinen. Na behandeling zal het effluent zonder bodempassage worden ingezet als industriewater en eventueel huishoudwater. In het onderzoek op rwzi Kaffenberg zijn parallel micro- (MF), ultra- (UF) en vlokkingfiltratie (VF) getest. Uit het onderzoek komt naar voren dat uit het oogpunt van bedrijfszekerheid en kosten de voorkeur uitgaat naar vlokkingfiltratie. Het geproduceerde water (e-water) is met succes ingezet als proceswater bij de grootste gebruiker. De resultaten van het proefonderzoek gaven aanleiding over te gaan op de bouw van een praktijkinstallatie.

Eind 1999 bleek de toekomstige watervraag bij de grootste afnemer als gevolg van een drastische modernisatie van het productieproces zodanig te zijn gedaald dat het project op dit moment niet haalbaar bleek [Ruiters, 1999] [L].

bereiding hoogwaardig ketelvoedingswater uit effluent rwzi Hoogvliet

Op de rwzi Hoogvliet wordt door Waterbedrijf Europoort samen met Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden momenteel onderzoek gedaan naar gebruik van microfiltratie en hyperfiltratie van effluent voor de productie van proceswater (ketelvoedingswater). Het onderzoek zal in de loop van 2000 worden afgerond.

7.3 Normen en kwaliteitseisen industriewater

Ten aanzien van de kwaliteit van industriewater en de controle daarop worden wettelijk geen regels gegeven. Dat wordt in beginsel overgelaten aan de marktpartijen. Een bijzondere situatie doet zich echter voor bij de levensmiddelenbranche. Op grond van de Warenwet moet dit water van drinkwaterkwaliteit zijn. Het gebruik van effluent komt ten gevolge van de kwaliteitsfluctuaties en hygiënische aspecten niet in aanmerking. De kwaliteitseisen van de overige bedrijfstakken verschillen per toepassing. Afhankelijk van de kwaliteitseisen (en met name de hygiënische kwaliteit) kan effluent ingezet worden als industriewater.

De kwaliteit van water voor industriële toepassingen wordt door een aantal factoren bepaald:

1. de eisen waaraan de (industriële) producten moeten voldoen. Deze zijn met name van toepassing als het water in contact komt met het primaire product;
2. de eisen die de processen aan het water stellen.

ad 1 Producteisen

De kwaliteitseisen waaraan een (industriële) product moet voldoen zijn afhankelijk van:

- de Warenwet;
- de import/exporteisen (Warenwet of andere kwaliteitseisen die in het land van import zijn voorgeschreven);
- de bedrijfseigen kwaliteitseisen; deze zijn sterk afhankelijk van type proces en bedrijf (o.a. richtlijn voor spoel- en koelwater, ketelvoedingswater).

De eisen waaraan water moet voldoen bij de levensmiddelenindustrie zijn vastgelegd in het Warenbesluit "Bereiding en behandeling van levensmiddelen". Hierin wordt gesteld dat bij de bereiding en behandeling van eet- of drinkwaren (en grondstoffen) uitsluitend gebruik mag worden gemaakt van water dat geleverd wordt door een waterleidingbedrijf en dat voldoet aan de eisen van de Waterleidingwet. Indien aan de inspecteur voor de gezondheidsbescherming is aangetoond dat het water van gelijke kwaliteit is, is gebruik ook toegestaan. De regionaal inspecteur kan ontheffing verlenen van bovenstaande kwaliteitseisen indien het water(gebruik) niet van invloed is op de kwaliteit van het primaire product. Wel dient gevaar van besmetting van water dat van invloed is op de eindkwaliteit te worden voorkomen. Bij de overige industrieën zal uit gezondheidskundig oogpunt de kwaliteit van het water een ondergeschikte rol spelen aan de overige stoffen die worden gebruikt bij het productieproces (bijv. kleurstoffen in de textielindustrie of chemicaliën bij de chemische industrie). De risico's van verontreiniging met chemicaliën zijn groter dan de risico's van het toepassen van niet optimaal gezuiverd water [Kiwa (a), 1999].

De eisen die aan producten voor export worden gesteld, kunnen ook consequenties hebben voor de gewenste waterkwaliteit. Er zijn landen waar strengere eisen gelden dan in Nederland, bijvoorbeeld voor de uitloogbaarheid van stoffen. Met name internationaal opererende levensmiddelenbedrijven hebben in enkele gevallen bedrijfseigen kwaliteitseisen die strenger zijn dan de eisen van het Waterleidingbesluit. Deze fabrieken beschikken veelal over eigen awzi's.

ad 2 Proceseisen

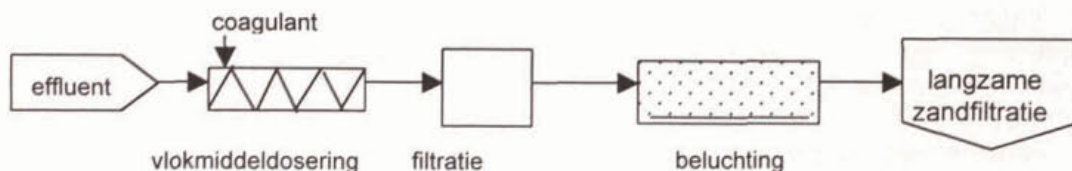
Ieder productieproces stelt in principe specifieke eisen aan de waterkwaliteit. Deze eisen omvatten bedrijfsvoeringstechnieken en kritische kwaliteitsparameters zoals zwevende stof, biologische stabiliteit, kleur, hardheid en corrosie. Over het algemeen kan gesteld worden dat de kwaliteitseisen vaak niet op voorhand bekend zijn en dus op het moment dat een 'ander water' levering wordt overwogen nader gespecificeerd moeten worden. In tabel 9 is een indicatie gegeven van kritische parameters en processen als het gaat om levering van industriewater.

7.4 Nazuivering van effluent tot industriewater

De ontwerpen voor industriewater zijn zeer divers. In hoofdlijnen kan een uitsplitsing naar laagwaardige en hoogwaardige toepassingen worden gemaakt. Tijdens de zuivering worden gesuspendeerde stoffen en colloïdale deeltjes verwijderd en worden kleur en geur vergaand gereduceerd. In afbeelding 9 is een mogelijke zuiveringsopzet geschetst voor de zuivering van effluent tot industriewater voor laagwaardige toepassingen.

De eerste twee stappen (vlokmiddeldosering en filtratie) vinden vlak na elkaar plaats. Het vlokmiddel wordt in de aanvoer naar het filter gedoseerd, vlokken worden in of voor het filter gevormd en gelijk afgevangen. Het filter verwijdert zwevende stof en fosfaat. Door verwijdering van zwevende stof zal ook de hoeveelheid bacteriën en zware metalen verminderen en de troebelheid afnemen. Door nitrificatie in het filter neemt de concentratie aan ammonium af.

Na vlokingsfiltratie en beluchting vindt langzame zandfiltratie (LZF) plaats. Tijdens deze filtratie vindt extra verwijdering plaats van troebeling, AOC en micro-organismen.



Afbeelding 9 Voorbeeld nazuivering effluent tot industriewater voor laagwaardige toepassingen

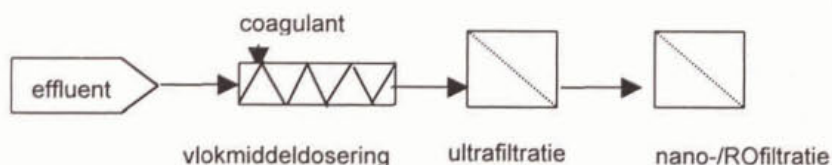
Tabel 9 Kritische parameters en processen (Kiwa (a), 1997)

Parameter	Richtlijn	Kritische processen
Kleur	< 20 mg/l Pt/Co	papierindustrie
Hardheid	< 20 °D < 7 °D	afzetten van zouten, corrosie, wasserijen, ketelvoeding
EGV	< 75 mS/M < 125 mS/M	ketelvoeding, suppletiewater corrosie, etc.
Bacteriële (en virale) betrouwbaarheid	Faec. Ind. bact. < 1 (n/100 ml)	biofilmvorming, volksgezondheid
Organische microverontreinigingen	Tri < 0,5 µg/l Per < 0,5 µg/l	volksgezondheid, corrosie
Temperatuur	< 20 µg/l (som VOC) < 20 °C 11 °C	koeling
Zware metalen	Zn < 100 µg/l Cd < 5 µg/l Pb < 10 µg/l Hg < 1 µg/l	keramische industrie
IJzer	0,1 mg/l 0,2 mg/l	kleuring keramische industrie
Mangaan	< 0,05 mg/l	kleuring, keramische industrie

De kwaliteitseisen voor industriewater voor hoogwaardige toepassingen zijn vergelijkbaar met die van drinkwater. Een hoogwaardige toepassing is bijvoorbeeld ketelvoedingswater voor hoge druk ketelsystemen, waarbij strenge eisen aan de geleidbaarheid worden gesteld (EGV < 0,2 µS/cm). De belangrijkste randvoorwaarden voor een hoogwaardige toepassing zijn:

- hygiënische kwaliteit als drinkwater;
- afwezigheid kleur en geur;
- verwijdering van gesuspendeerde stoffen en colloïdale deeltjes;
- ontharding indien hardheid > 7°D;
- ontzouting.

In afbeelding 10 is een voorbeeld gegeven van een zuiveringsopzet voor de zuivering van effluent tot hoogwaardig industriewater.



Afbeelding 10 Voorbeeld nazuivering effluent tot industriewater voor hoogwaardige toepassingen

Na vlokmiddeldosering wordt ultrafiltratie toegepast. Ultrafiltratie zorgt voor vergaande verwijdering van zwevende stof, troebelheid, bacteriën en virussen. Eventueel kan een (vlokings) filtratiestap vóór de ultrafiltratie worden geplaatst, als blijkt dat deze laatste te zwaar belast wordt. Na ultrafiltratie wordt nanofiltratie of hyperfiltratie toegepast, waarbij vergaande verwijdering van bestrijdingsmiddelen, hardheid en AOC plaatsvindt. Bij nanofiltratie wordt circa 30 % van het Cl⁻ verwijderd en bij RO voor meer dan 90%, zodat ophoping van zouten in de waterkringloop wordt beperkt of zelfs verhinderd [18].

7.5 Gezondheidskundige aspecten industriewater

Tijdens het praktijkonderzoek op de rwzi Ede naar de toepasbaarheid van ultrafiltratie voor de bereiding van huishoudwater en industriewater uit effluent, is een analyseprogramma van het RIVM uitgevoerd, gericht op pathogene micro-organismen. Op basis hiervan is geconcludeerd dat een aanvullende zuivering nodig is om een biologisch stabiel en microbiologisch betrouwbaar product te kunnen leveren [Witteveen+Bos, 1999]. Op basis van een aanvullend haalbaarheidsonderzoek is langzame zandfiltratie als kansrijke techniek geselecteerd [Witteveen+Bos(a), 2000]. De gezondheidskundige en ecotoxicologische aspecten zijn nader uitgewerkt in bijlage I.

7.6 Leveringszekerheid industriewater

In paragraaf 5.4.5 en bijlage I worden de algemene uitgangspunten van leveringszekerheid bij het leveren van water door een leidingstelsel behandeld. De industriewatervoorziening kan de voornaamste watervoorziening in een gebied zijn. Als ten gevolge van een calamiteit de levering tijdelijk gestaakt moet worden, kan dit ernstige schade tot gevolg hebben, met name bij productieprocessen waarbij industriewater een essentiële grondstof is. In sommige gevallen is het mogelijk terug te vallen op drinkwater. Dit kan echter verstrekende gevolgen hebben voor de drinkwatervoorziening. Het waterleidingbedrijf houdt weliswaar rekening met een bepaalde piekbelasting; als hiervan echter plotseling een groot industriegebied van water moet worden voorzien, is de leveringszekerheid van het drinkwater ook niet meer gewaarborgd. Een voorbeeld van een grootschalige industriewaterlevering is de levering van gezuiverd IJsselmeerwater aan Hoogovens in IJmuiden door WRK III te Andijk.

Om schade ten gevolge van een calamiteit bij de benutting van effluent als bron voor industriewater te voorkomen, zijn diverse back-up voorzieningen mogelijk:

- bufferen van industriewater of regenwater (bijvoorbeeld op het industrieterrein);
- bij het ontwerp van de nazuivering rekening houden met voldoende zekerheidsstelling: als bijvoorbeeld één zuiveringsstraat uitvalt, dient de zuivering zodanig ontworpen te zijn, dat de capaciteit van de overige straten voldoet aan een bepaald minimum niveau;
- in overleg met het waterleidingbedrijf een strategie bepalen voor de back-up van het industriewater. (Bepalen van het debiet, tijdstip en duur dat van het drinkwaternet kan worden 'afgetapt'). Hiervoor is een extra investering vereist, aangezien extra leveringscapaciteit moet worden gerealiseerd speciaal voor deze voorziening;
- een 'tweede anker' implementeren. Als de aanvoer van effluent ten gevolge van een calamiteit volledig gestaakt moet worden, moet teruggevallen kunnen worden op een andere bron;
- bluswatervoorzieningen dienen ook in geval van een calamiteit nog te werken.

In de VS zijn de volgende eisen gesteld om voldoende leveringszekerheid te garanderen [EPA, 1992]:

- stand-by elektriciteitsvoorziening;
- meervoudige uitvoering van de zuivering;
- on-line analyse apparatuur om zuiveringsrendement te bewaken;
- alarmering;
- minimum capaciteit;
- voldoende buffercapaciteit;
- personele bezetting 24 uur per dag, 7 dagen per week.

7.7 Milieueffecten industriewater

De inzet van effluent als industriewater heeft een positief effect op de verdroging indien het alternatief grondwater is. Dit positieve effect speelt echter alleen een rol in verdrogingsgevoelige gebieden. Als het gezuiverde effluent naar het industriegebied getransporteerd moet worden, kost dit weer energie en leidingmateriaal. In bijlage I is te vinden welke milieueffecten samenhangen met de toe te passen technieken.

7.8 Acceptatie effluent als industriewater

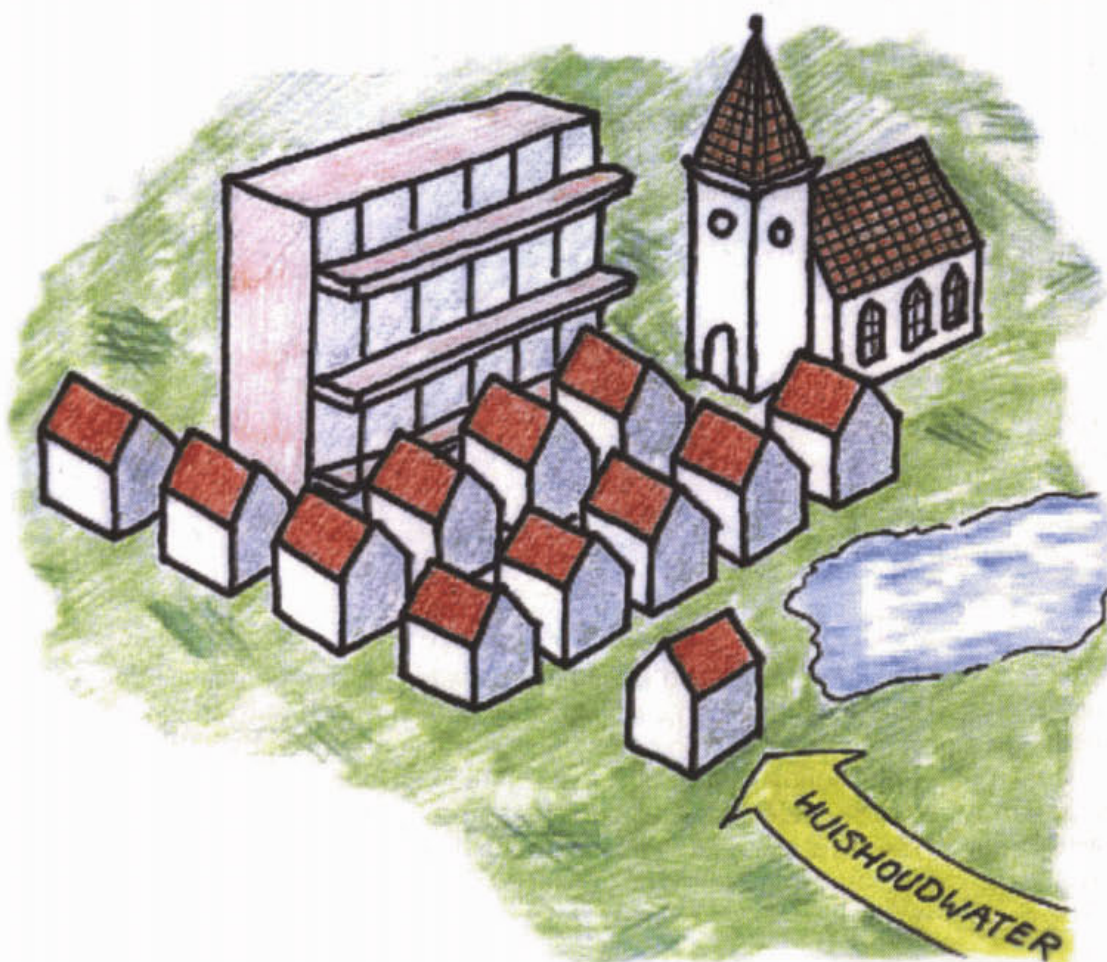
Bij de waterschappen bestaat over het algemeen het idee dat de industrie de toepassing van effluent als industriewater accepteert [A t/m X]. Bij een groot aantal van de industriële bedrijven (o.a. petrochemische industrie, metaalindustrie) met een biologische waterzuivering wordt het gezuiverde afvalwater reeds gerecirculeerd.

7.9 Stappenplan industriewater

In tabel 10 is een vragenlijst gepresenteerd waarmee de haalbaarheid van de levering van industriewater kan worden bepaald. In hoofdstuk 6 is het bijbehorende stappenplan weergegeven.

Tabel 10 Wegwijzer beoordeling haalbaarheid bereiding industriewater uit effluent

Stap	Vraagstelling	Verwijzing Compendium
1	IN KAART BRENGEN ACTOREN BIJ INDUSTRIEWATER	
	Welke actoren zijn betrokken (overheid, afnemers, toeleveranciers, intermediairs, concurrenten, publieksgroepen) bij levering industriewater?	5.2
	Wat is het belang/houding/ervaring van actoren t.o.v. effluentgebruik voor levering industriewater?	5.3, 7.2, 7.2.1
	Hoe beïnvloed ik het draagvlak bij actoren?	7.8
2	MATCHEN VAN KWALITEIT + KWANTITEIT	
	Welke industriewaterkwaliteit is gewenst (normen, kritische componenten)?	7.3
	Welke hoeveelheid industriewater wordt wanneer gewenst?	7.2
	Welke kwaliteit heeft de bron?	2.3, 2.4, 5.4.6
	Welke technieken zijn beschikbaar?	Bijlage I-1
	Welke processen zijn gangbaar en toepasbaar?	7.4
	Welke risico's zijn er voor de volksgezondheid en voor ecosystemen?	7.5, Bijlage I-2, 5.7
3	BEPALEN VAN TRANSPORTMAATREGELEN INDUSTRIEWATER	
	Waar wordt het industriewater gevraagd?	Situatiespecifiek
	Waar ligt de rwzi?	Situatiespecifiek
	Wat is de transportroute en zijn er hindernissen?	Situatiespecifiek
	Welke capaciteit wordt wanneer geleverd?	Situatiespecifiek
	Welke leidingdiameter(s) en materialen moeten worden toegepast?	Situatiespecifiek
4	BEPALEN VAN KOSTEN INDUSTRIEWATER	
	Welke investering brengt de zuivering met zich mee?	5.8.1
	Welke kostprijs is er per techniek?	5.8.3, bijlage I-3
	Welke investeringen brengt het transport met zich mee?	bijlage I-3
	Welke kostprijs is er globaal verbonden aan transport	bijlage I-3
	Wat zijn de te hanteren afschrijvingstermijnen?	5.8.1
	Welke methodiek hanteer ik om alternatieven op kosten te vergelijken?	Niet in compendium
	Hoe verwerk ik risico's in het kostenplaatje?	5.8.1, 5.8.3, bijlage I-3
	Hoe ga ik om met kosten in het voortraject?	5.8.1, 5.8.3
	Hoe ga ik om met overheadkosten?	bijlage I-3
	Welke kosten zijn er m.b.t. procesvoering?	bijlage I-3
	Welke prijs wenst de klant te betalen?	5.8.2
	Welke baten worden er gegenereerd?	5.8.1
5	OVERIGE ASPECTEN LEVERING INDUSTRIEWATER	
	Welke leveringszekerheid is gewenst en kan ik leveren?	5.4.5, 7.6, bijlage I-4
	Welke aanvullende diensten zijn gewenst en kan ik leveren (advies, onderhoud installaties etc.)?	Niet opgenomen in compendium
	Welke organisatievormen zijn gewenst/mogelijk?	5.5
	Welke milieuaspecten zijn van belang?	5.6, 7.7, bijlage I-5



8.1 Algemeen

Opmerkelijk aan de geïnventariseerde huishoudwaterprojecten is het aantal mogelijke bronnen, zoals bijvoorbeeld lokaal oppervlaktewater, regionaal oppervlaktewater, halffabrikaat, kwelwater, rwzi-effluent of brak grondwater. Bij de keuze voor één van deze bronnen speelt een groot aantal criteria van beleidsmatige of technische aard een rol. Zonder volledig te zijn in de opsomming, kan daarbij worden gedacht aan:

- inpassing in vigerend beleid;
- uitstraling op lokaal, regionaal of nationaal niveau;
- beschikbaarheid en continuïteit van de bron;
- kwaliteit van het water en wisselingen hierin;
- beheer- en beheersbaarheid van de bron;
- distributie;
- kosten.

Op hoofdlijnen is een tweedeling aan te brengen tussen individuele en collectieve systemen. Bij individuele systemen zorgt het waterleidingbedrijf voor een drinkwaternet. De bewoner realiseert en beheert in de woning een individueel regenwater- of grijswatersysteem. Bij collectieve systemen verzorgt het waterleidingbedrijf de levering van huishoudwater naast die van drinkwater. De keuze voor de bron en de wijze van afname (individueel of collectief) zijn sterk gekoppeld aan het aantal woningen en het beleid van de lokale overheid en het waterleidingbedrijf.

8.2 Omvang van de huishoudwatervraag

In huishoudens wordt voor meerdere toepassingen drinkwater gebruikt. In tabel 11 is het watergebruik in huishoudens per gebruiksdoel weergegeven [Vewin (b), 1998].

Tabel 11 Huidig en toekomstig waterverbruik in huishoudens

Toepassing	In gemiddelde woning (cijfers NIPO) liters per persoon per dag	In nieuwbouwwoning liters per persoon per dag	In nieuwbouwwoning, in aanmerking komend voor huishoudwater % van totaal
Bad	6,7	9,0	
Douche	39,7	42,6	
Wastafel	5,1	4,3	
Toilet	36,2	21,8	19
Handwas	2,1	2,0	
Wasmachine	23,2	16,6	15
Handafwas	3,8	4,1	
Vaatwasser	1,9	1,9	
Voedsel	1,7	2,0	
Overig	7,6	8,2 (w.v. tuin 4,1)	4 (tuin)
Totaal	127,9	112,5	38

Slechts voor de vetgedrukte toepassingen kan huishoudwater worden gebruikt. In de toekomst is dit gerelateerd aan 42,5 liter per persoon per dag. Levering van huishoudwater is alleen interessant in nog nieuw te bouwen wijken omdat hier de transport- en distributie infrastructuur van zowel drinkwater als huishoudwater nog moet worden aangelegd. Een huishoudwaternet aanleggen in een reeds bestaande infrastructuur is financieel gezien ongunstig. In tabel 12 is voor nieuwbouwwijken met een verschillende schaalgrootte het jaarlijks debiet aan huishoudwater weergegeven, uitgaande van een gebruik van 56 liter per persoon per dag en een woningbezetting van 2,7 personen per woning.

Tabel 12 Omvang huishoudwaterlevering

Aantal woningen	Jaarlijks debiet [m ³ /jaar]	Gemiddeld uurdebiet [m ³ /uur]
250	10.470	1,2
1.000	41.900	4,8
5.000	209.400	23,9
10.000	418.800	48
30.000	1.256.500	143

In bijlage II is een overzicht gegeven van de tot op heden geplande en gerealiseerde huishoudwaterprojecten. Effluent als bron voor huishoudwater wordt vooralsnog niet toegepast in Nederland. Het is daarom moeilijk een inschatting te geven van de behoefte aan huishoudwater bereid uit effluent.

8.2.1 Voorbeeldprojecten huishoudwater

Door VROM is in samenwerking met VEWIN een werkgroep ingesteld die een aantal geselecteerde huishoudwaterprojecten volgt en hieruit conclusies voor de benodigde kwaliteit zal trekken. Van de tot op heden uitgevoerde studies, pilotonderzoeken en praktijkervaringen is op de volgende pagina een illustratief voorbeeld gegeven.

bronnenonderzoek huishoudwater

In opdracht van de Waterleiding Maatschappij Overijssel is in 1997 een bronnenonderzoek uitgevoerd voor de levering van huishoudwater in de nieuwbouwwijk Stadshagen in Zwolle. Als bronnen zijn bekeken: grondwater, halffabriek van het drinkwaterpompstation het Engelse Werk, oeverfiltraat, oppervlaktewater van nabijgelegen waterloop het Zwarte Water, effluent (zowel industrieel als communaal) en hemelwater. De aspecten die bij het maken van een afweging tussen de verschillende bronnen een rol hebben gespeeld zijn: beleid, beschikbaarheid, kwaliteit, afstand, continuïteit en fluctuaties in kwaliteit. Gezien de relatief betere kwaliteit en kortere afstand van andere bronnen is rwzi-effluent niet verder meegenomen in de afweging [Witteveen-Bos, 1997] [24].

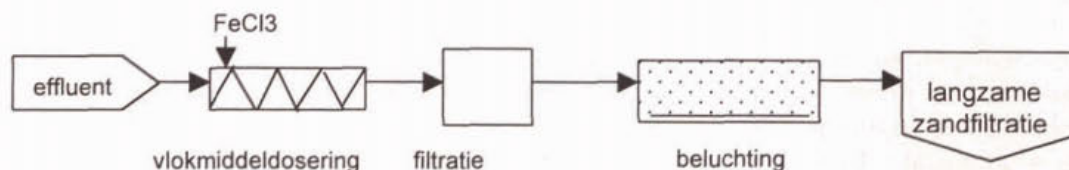
8.3 Kwaliteitseisen huishoudwater

Over de gewenste kwaliteit van huishoudwater bestaan nog geen bindende nationale richtlijnen. In principe valt huishoudwater onder de reikwijdte van de EG-drinkwaterrichtlijn (EG, 1980). Lidstaten hebben de mogelijkheid om bepaalde soorten water uit te zonderen van de richtlijn. Echter slechts indien het water uitsluitend bestemd is voor doeleinden waarvoor de kwaliteit van het water naar de overtuiging van de bevoegde autoriteiten direct noch indirect van invloed is op de gezondheid van de betrokken verbruikers. Een door het ministerie van VROM geïnitieerde Werkgroep Beleid Huishoudwater (waarin wordt deelgenomen door VROM, Inspectie milieuhygiëne, VEWIN en RIVM) is een beleidsnotitie aan het voorbereiden, waarin wordt aangegeven welke toepassingen van huishoudwater (bijvoorbeeld toiletspoeling, wasmachine, buitenkraan) zouden kunnen worden uitgezonderd van de reikwijdte van de EG-drinkwaterrichtlijn. Tevens zijn enkele pilot-projecten geselecteerd, waarbij gedurende langere tijd informatie zal worden verzameld over onder meer de kwaliteit van het water, het gebruik van water, de acceptatie door gebruikers en investerings- en exploitatiekosten.

Door het RIVM zijn ontwerp- en controleparameters voorgesteld (bijlage III). Voor ontwerpparameters dient in de ontwerpfase aangetoond te worden dat het product aan de eisen voldoet. Voor de controleparameters dient een monitoringsprogramma te worden opgesteld ter controle van de prestaties van het systeem [RIVM, 1997]. Bij de herziening van de Waterleidingwet zullen kwaliteitseisen voor huishoudwater worden opgesteld. Deze normen zullen rekening houden met de toepassing (drinkwater, huishoudwater) en met de mate van blootstelling [VROM (a), 1998]. In diverse haalbaarheidsstudies naar de inzet van huishoudwater wordt voorlopig uitgegaan van de hygiënische normen voor oppervlaktewater met als functie zwemwater [18, 21, 22].

8.4 Nazuivering van effluent tot huishoudwater

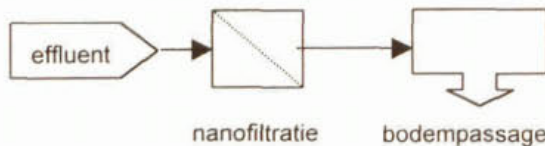
Als effluent wordt gezuiverd om in te zetten als huishoudwater, moet voldaan worden aan hygiënische normen uit het Drinkwaterbesluit of de zwemwaternorm voor oppervlaktewater uit de WVO. Als het huishoudwater ook voor de wasmachine is bestemd, is de streefwaarde voor de hardheid 10°D. Daarnaast is het natuurlijk van belang wat de hardheid van het drinkwater ter plaatse is. Het huishoudwater mag geen waarneembare geur en (hinderlijke) kleur bezitten. Afbeelding 11 geeft een voorbeeld van een zuiveringsopzet voor de behandeling van effluent tot huishoudwater.



Afbeelding 11 Voorbeeld zuivering van effluent tot huishoudwater

Het (vlokkings)filter verwijdert zwevende stof en fosfaat. Door verwijdering van zwevende stof zal ook de hoeveelheid bacteriën en zware metalen verminderen en de troebelheid afnemen. Door nitrificatie in het filter wordt de concentratie ammonium verlaagd. Na de vlokkingsfiltratie vindt desinfectie plaats met behulp van langzaamzandfiltratie (LZF). Tijdens deze filtratie vindt extra verwijdering plaats van zwevende stof, troebeling, AOC en micro-organismen.

In afbeelding 12 is een geavanceerdere zuiveringsopzet weergegeven die wordt voorgesteld in die gevallen waar een hygiënische kwaliteit vergelijkbaar met drinkwater wordt voorgesteld.



Afbeelding 12 Voorbeeld geavanceerdere zuivering van effluent tot huishoudwater

Directe nanofiltratie zorgt voor verwijdering van zwevende stof, troebelheid, organische micro-verontreinigingen, bacteriën en virussen. Na nanofiltratie wordt het gezuiverde effluent in de bodem geïnfiltreerd. De bodem vormt een buffer en tevens een extra barrière tegen bacteriën en virussen. Daarnaast vindt kwaliteitsafvlakking plaats in de bodem. Wel hangt het van de lokale grondwaterkwaliteit en bodemsamenstelling af of het water na bodempassage direct kan worden geleverd of dat nog een snelfiltratie en/of desinfectie moet worden toegepast.

8.5 Gezondheidskundige aspecten huishoudwater

In de haalbaarheidsstudies naar huishoudwater wordt door het ontbreken van concrete normen met zeer uiteenlopende richtlijnen gewerkt om een systeem te ontwerpen. De benodigde decimale verwijderingscapaciteit loopt uiteen van minder dan 4 log voor diverse organismen wanneer de zwemwaternorm voor oppervlaktewater wordt gehanteerd (factor 10.000) [18, 21, 22] tot 7 log indien de drinkwaternorm wordt gehanteerd [Hoek e.a., 1998]. De gezondheidkundige en ecotoxicologische aspecten zijn nader uitgewerkt in bijlage I.

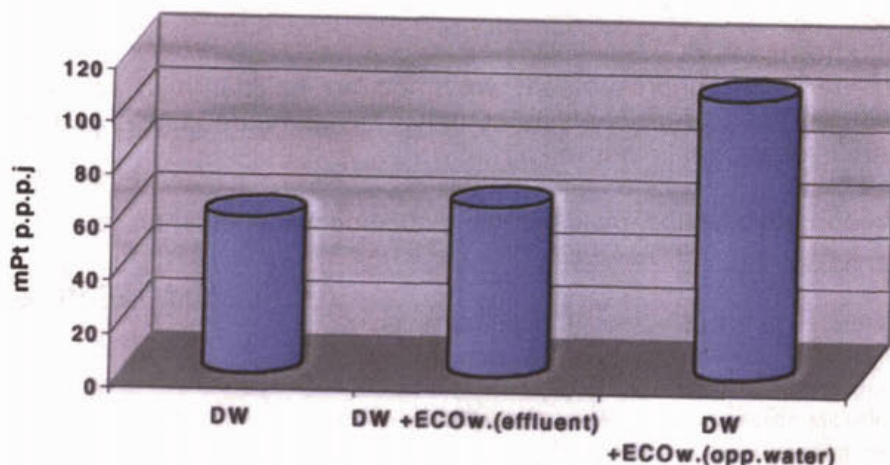
8.6 Leveringszekerheid huishoudwater

In paragraaf 5.4.5 en bijlage I worden de algemene uitgangspunten van leveringszekerheid bij het leveren van water door een leidingstelsel behandeld. Bij levering van huishoudwater, is er altijd sprake van een 'dubbel' leidingnet. Het drinkwaternet vormt in die zin altijd een back-up.

8.7 Milieueffecten huishoudwater

In 1996 is een uitgebreide LCA-studie voor drinkwatersystemen uitgevoerd waarbij ook een dubbel leidingnet is onderzocht. In de in het onderzoek onderzochte situatie bleek een dubbel leidingnet beter te scoren op het milieueffect "verdroging". Voor andere milieu-effecten, zoals broeikaseffect, vormde het geen verbetering [Voorhoeve, 1996]. Bij levering van huishoudwater is extra materiaal en energie gemoeid. Uit een studie van DHV naar de kosten en de milieubelasting van Eco-water (voor de levering van huishoudwater in Almere) bleek de keuze van effluent als bron een milieubelasting op te leveren die vergelijkbaar is met alleen de levering van drinkwater [DHV, 1997]. Het toepassen van oppervlaktewater in plaats van effluent voor de levering van Eco-water zou in een twee maal zo hoge milieubelasting resulteren (zie afbeelding 13), uitgedrukt in zogenaamde milli-ecopunten per persoon per jaar (mPtppj).

In deze studie naar ECO-water is uitgegaan van UF-membraanfiltratie, zandfiltratie en UV-desinfectie. De hoge milieubelasting bij gebruik van oppervlaktewater wordt veroorzaakt door het toepassen van nanofiltratie voor de benodigde hardheidsverlaging. Niet meegenomen zijn de milieueffecten van de reductie van de grondwaterwinning en de milieueffecten van een verminderde lozing van effluent.



Afbeelding 13 LCA-analyse drinkwater (DW) en huishoudwater (ECO-water) levering

8.8 Acceptatie effluent als bron voor huishoudwater.

Voor de daadwerkelijke uitvoering van huishoudwaterprojecten is het van belang dat door projectontwikkelaars en gemeenten de meerwaarde van huishoudwater wordt ingezien. Struikelblok bij de implementatie van huishoudwater vormen de hoge aansluitkosten per woning. De aanleg van een huishoudwatersysteem varieert, afhankelijk van het systeem, tussen de 500 en 1.500 gulden. Door deze kosten in de bouwkosten van de woning op te nemen kan de acceptatie worden vergroot. De organoleptische kwaliteit is van groot belang voor het blijvend verkrijgen van acceptatie bij de gebruiker. In de wijk Dichteren in Doetinchem is de maatschappelijke acceptatie sterk afgenomen voor huishoudwater, nadat er waarneembare kwaliteitsproblemen (kleur) optraden. De oorzaak was een onbeheerst zuiveringsproces, doordat ijzerrijke kwel zich mengde met het geïnfiltreerde en weer opgepompte oppervlaktewater. Dit betekent dat in de ontwerpfase men zich terdege bewust dient te zijn van het afbreukrisico van niet robuuste systemen. Ook dient nadrukkelijk aandacht aan nazorg te worden besteed.

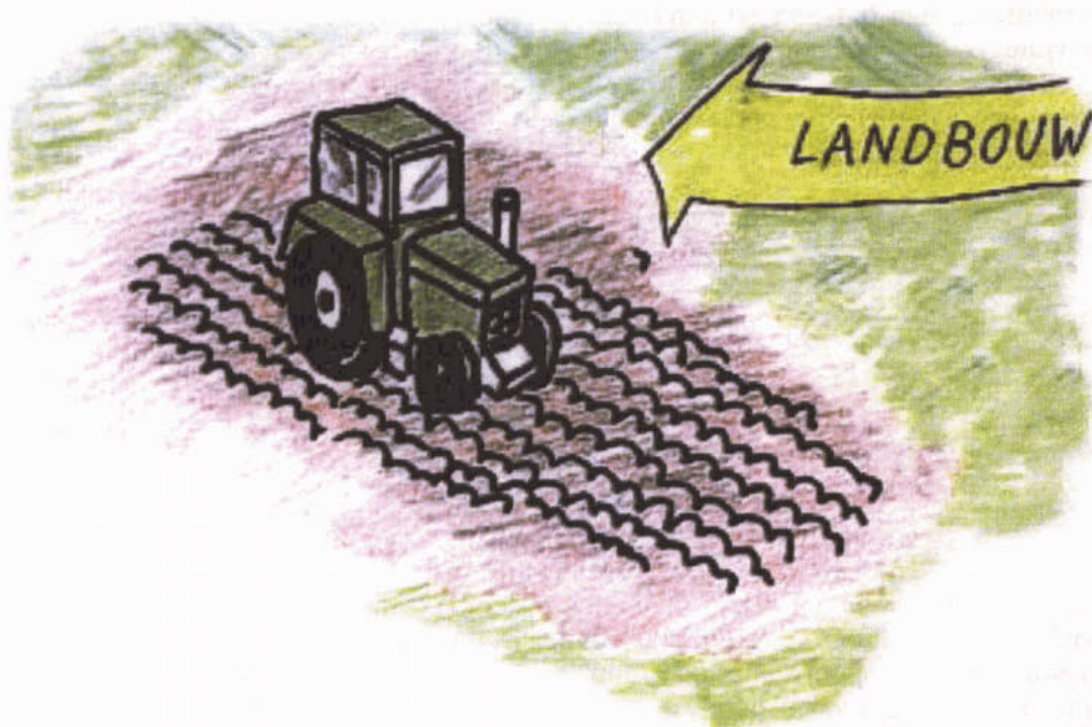
8.9 Stappenplan Huishoudwater

In tabel 13 is een vragenlijst gepresenteerd waarmee de haalbaarheid van een huishoudwaterlevering kan worden bepaald. In hoofdstuk 6 is het bijbehorende stappenplan weergegeven waarnaar de nummers in de eerste kolom verwijzen.

Tabel 13 Wegwijzer beoordeling haalbaarheid bereiding huishoudwater uit effluent

Stap	Vraagstelling	Verwijzing Compendium
1	IN KAART BRENGEN ACTOREN BIJ HUISHOUDWATERLEVERING	
	Welke actoren zijn betrokken (overheid, afnemers, toeleveranciers, intermediairs, concurrenten, publieksgroepen)?	5.2
	Wat is het belang/houding/ervaring van actoren t.o.v. effluentgebruik?	5.3, 8.2, 8.2.1
	Hoe beïnvloed ik het draagvlak bij actoren?	8.8
2	MATCHEN VAN KWALITEIT + KWANTITEIT	
	Welke kwaliteit gewenst (normen, kritische componenten)?	8.3, bijlage III-6
	Welke hoeveelheid wordt wanneer gewenst?	8.2
	Welke kwaliteit heeft de bron?	2.3, 2.4, 5.4.6
	Welke technieken zijn beschikbaar?	Bijlage I-1
	Welke processen zijn gangbaar en toepasbaar?	8.4
	Welke risico's zijn er voor de volksgezondheid en voor ecosystemen?	5.7, 8.5, bijlage I-2
3	BEPALEN VAN TRANSPORTMAATREGELEN HUISHOUDWATER	
	Waar wordt het water gevraagd?	Situatie specifiek
	Waar ligt de rwzi?	Situatie specifiek
	Wat is de transportroute en zijn er hindernissen?	Situatie specifiek
	Welke capaciteit wordt wanneer geleverd en	Situatie specifiek
	Welke leidingdiameter(s) en materialen moeten worden toegepast?	Situatie specifiek
4	BEPALEN VAN KOSTEN HUISHOUDWATER	
	Welke investering brengt de zuivering met zich mee?	5.8.1
	Welke kostprijs is er per techniek?	5.8.3, bijlage I-3
	Welke investeringen brengt het transport met zich mee?	bijlage I-3
	Welke kostprijs is er globaal verbonden aan transport	bijlage I-3
	Wat zijn de te hanteren afschrijvingstermijnen?	5.8.1
	Welke methodiek hanteer ik om alternatieven op kosten te vergelijken?	Niet in compendium
	Hoe verwerk ik risico's in het kostenplaatje?	5.8.1, 5.8.3, bijlage I-3
	Hoe ga ik om met kosten in het voortraject?	5.8.1, 5.8.3
	Hoe ga ik om met overheadkosten?	bijlage I-3
	Welke kosten zijn er m.b.t. procesvoering?	bijlage I-3
	Welke prijs wenst de klant te betalen?	5.8.2
	Welke baten worden er gegenereerd?	5.8.1
5	OVERIGE ASPECTEN HUISHOUDWATER	
	Welke leveringszekerheid is gewenst en kan ik leveren?	5.4.5, 8.6, bijlage I-4
	Welke aanvullende diensten zijn gewenst en kan ik leveren (advies, onderhoud installaties etc.)?	Niet opgenomen in compendium
	Welke organisatievormen zijn gewenst/ mogelijk?	5.5
	Welke milieuaspecten zijn van belang?	5.6, 8.7 bijlage I-5

9 LANDBOUWWATER



9.1 Algemeen

De toepassingen van landbouwwater zijn:

- gietwater in de glastuinbouw;
- beregenen van grasland of gewassen;
- veedrenkwater voor vee;
- reinigen van stallen en machines.

9.2 Omvang van de landbouwwatervraag

Door het RIVM is een globale analyse uitgevoerd van het watergebruik. Prognoses van de agrarische waterbehoefte zijn opgesteld voor de planperiode tot 2020 in het BDIV [Mülschlegel & Kragt, 1998]. In tabel 14 is het watergebruik in de landbouw in 1995 weergegeven.

Tabel 14 Watergebruik in de landbouw in 1995 [Mm³/jaar]

Type gebruik	Totaal	Type water		
		eigen winning grondwater	eigen winning opp. water	leidingwater
Beregening	240	170	50	20
Overig	170			70
Totaal	410			90

De eigen waterwinning in de landbouw wordt voor een belangrijk deel gebruikt voor beregening. Beregening is het grootste in de zandgebieden van de provincies Gelderland, Overijssel en Noord-Brabant. Schattingen over de totale hoeveelheid water die voor beregening wordt gebruikt lopen sterk uiteen. Prognoses [Mülschlegel & Kragt, 1998] voor het watergebruik in de landbouw zijn gericht op het drinkwatergebruik.

In tabel 15 is een prognose van de waterbehoefte aan veedrenkwater opgenomen. De tabel laat de verwachting zien dat de totale waterbehoefte in de veeteelt afneemt. Dit is een direct gevolg van de verandering van omvang en samenstelling van de veestapel. Voor veedrenkwater wordt naast drinkwater ook oppervlaktewater en grondwater gebruikt.

Tabel 15 Prognose waterbehoefte per jaar per diersoort

Diersoort	1995	2000	jaar	2020	afname tussen
	Mm ³ /j	Mm ³ /j	2010 Mm ³ /j	Mm ³ /j	1995 en 2020 %
Melkvee	74,8	69,6	59,1	54,6	27
Vleeskalveren	3,7	3,1	2,2	2,2	35
Overig rundvee	37,4	39,3	23,9	24,7	34
Vleesvarkens	13,0	12,6	10,8	10,1	22
Overige varkens	53,1	52,0	45,7	43,5	18
Leghennen	4,2	4,2	3,5	3,4	19
Slachtkuikens	2,4	2,4	2,2	2,3	0
Overig pluimvee	0,7	0,7	0,7	0,7	0
Totaal	189,3	183,9	148,1	141,5	25

De potentie voor effluent bij gebruik in de landbouw ligt bij gietwaterprojecten, en bij gebruik voor de besproeiing van grasland in verdrogingsgevoelige gebieden. Effluent kan met name worden ingezet in situaties waar oppervlakte- en grondwater wordt gebruikt. Gezien de grote onzekerheid die bestaat omtrent het huidige gebruik van oppervlakte- en grondwater [Mülschlegel & Kragt, 1998], is het vooralsnog niet mogelijk een inschatting te maken van de hoeveelheid effluent die in de toekomst kan worden ingezet.

9.2.1 Voorbeeldprojecten landbouwwater

De volgende genoemde voorbeeldprojecten zijn illustratief voor het toepassen van effluent als landbouwwater in Nederland.

effluent rwzi Wehl voor verdrogingsbestrijding

In een literatuuronderzoek is de stand van zaken op het gebied van het hergebruik van effluent van de rwzi Wehl onderzocht. Verschillende mogelijkheden voor hergebruik met de bijbehorende eisen en technieken voor nazuivering zijn behandeld: grondwateraanvulling, lozen op (klein) oppervlaktewater om verdroging te bestrijden, gewasirrigatie, aanvulling in natuurgebied, besproeiing van parken, grasvelden, golfbanen, etc. Aandachtspunten die bij hergebruik naar voren kwamen zijn: risico voor gezondheid, kosten t.o.v. andere waterbronnen, effecten op oppervlaktewater bij stopzetten effluentlozing en monitoring effluentkwaliteit [3].

inzet effluent als gietwater voor kastuinbouw

Door het voormalige Zuiveringsschap Drenthe en de NV Waterleidingmaatschappij Drenthe is onderzocht of effluent van de rwzi Emmen kan worden toegepast als bron voor gietwater voor het kastuinbouwgebied Erica. De belangrijkste conclusie was dat de gietwatervoorziening volledig uit rwzi-effluent kan worden bereid, indien een deelstroom wordt bereid met RO-membraanfiltratie om de noodzakelijke ontzouting te bereiken. De kosten van deze optie zijn echter te hoog vanwege de lagere prijs van gietwater uit grondwater en regenwater.

effluent rwzi Etten voor verdrogingsbestrijding

NV Waterbedrijf Gelderland en Waterschap Rijn en IJssel hebben de mogelijkheden laten onderzoeken om effluent van de rwzi Etten in te zetten voor irrigatiewater om zodoende verdroging te bestrijden. Levering van irrigatiewater vereist een beperkte nazuivering. Door de hoge kosten voor distributie en de onzekere afzet is vastgesteld dat levering van effluent niet haalbaar worden geacht.

9.3 Kwaliteitseisen landbouwwater

De eisen voor landbouwwater zijn opgenomen in bijlage III. De eisen zijn gedifferentieerd naar de verschillende toepassingen. Voor de verschillende toepassingen zijn de normen hieronder nader toegelicht. Naast de kwalitatieve normering is voor de landbouw continue beschikbaarheid van belang.

9.3.1 Gietwater

Volgens het 'Proefstation voor Tuinbouw' in Naaldwijk zijn de belangrijkste eisen voor gietwater: een laag zoutgehalte en een goede bacteriologische kwaliteit. Aan de hand van de geleidbaarheid, het natriumgehalte en het chloridegehalte, wordt het gietwater voor de kastuinbouw ingedeeld in kwaliteitsklassen, waarbij de volgende drie hoofdklassen worden onderscheiden:

1. geschikt voor alle toepassingen;
2. niet geschikt bij beperkt wortelvolumen;
3. niet geschikt voor zoutgevoelige gewassen en beperkt wortelvolumen.

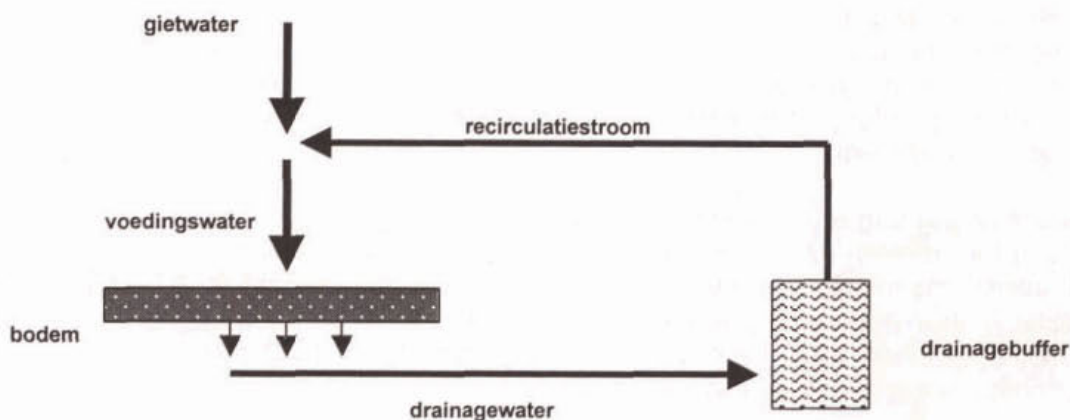
De grenswaarden voor de verschillende hoofdklassen met een verdere onderverdeling staan in tabel 16

Tabel 16 Indeling van gietwater in kwaliteitsklassen [DLV, 1992]

Kwaliteitsklasse ¹	Geleidbaarheid (mS/cm (25°C))	Natriumgehalte (mg/l)	Chloridegehalte (mg/l)
1	< 0,5	< 34,5	< 53,2
2	0,5 – 1	34,5 – 69,0	53,2 – 106,4
3	1,0 – 1,5	69,0 – 103,5	106,4 – 159,5

1) Indien het natriumgehalte en het chloridegehalte niet gelijk zijn, bepaalt het hoogste gehalte de klassenindeling.

Bovenstaande normen gelden voor gietwater (en dus niet voor voedingswater, zie afbeelding 14). De zoutconcentratie in het voedingswater kan hoger zijn dan de normconcentraties in tabel 16. Aan de hand van de zoutgevoeligheid van gewassen, de teeltmethode en de gietmethode, kan aangegeven worden welke kwaliteitsklasse gietwater geschikt is om toegepast te worden. Daarbij is van belang dat een sterk eenzijdige ionensamenstelling ongunstig kan zijn. Een hogere geleidbaarheid opgebouwd uit een redelijke verhouding van verschillende ionen, is veel minder bezwaarlijk dan de hogere geleidbaarheid veroorzaakt door een hoge concentratie van slechts enkele ionen [CUWVO, 1996].



Afbeelding 14 Waterstromen in de kastuinbouw

Om te kunnen beoordelen of effluent geschikt is voor gebruik als gietwater wordt de samenstelling getoetst aan eisen voor hergebruik van drainagewater. Indien het *drainagewater* volledig moet worden hergebruikt, zijn de eisen aan het *gietwater* aanzienlijk hoger dan op basis van normen voor indeling van gietwater in kwaliteitsklassen, omdat de zoutconcentratie in het *voedingswater* door de recirculatiestroom wordt verhoogd. Door de Dienst Landbouw Voorlichting (DLV) zijn eisen voor goed *voedingswater* voor hergebruik van *drainagewater* geformuleerd [DLV, 1992]. De natriumconcentratie in het effluent van de rwzi Emmen bleek een factor 8 - 10 hoger dan de wenselijk geachte concentratie in het gietwater. De chlorideconcentratie in het effluent van de rwzi Emmen bleek een factor 3 - 5 hoger dan wenselijk wordt geacht voor volledige recirculatie [Hermans, 1999]. Bij een hogere zoutconcentratie is recirculatie nog wel mogelijk, maar dit gaat ten koste van het aandeel van het drainagewater in de voedingswaterstroom.

9.3.2 Veedrenkwater

In bijlage III zijn de grenswaarden aangegeven van de chemische en microbiologische kwaliteit van drinkwater voor vee. Om de veedrenkwaterkwaliteit op het melkveebedrijf in de gaten te houden hebben de Gezondheidsdienst voor Dieren (GD) en het Bedrijfslaboratorium voor Grond en Gewassen (BLGG) sinds kort een abonnementensysteem voor veehouders opgezet. In dit abonnement wordt jaarlijks het drinkwater voor vee bemonsterd en aan de hand van de grenswaarden beoordeeld op geschiktheid als drinkwater [Counotte, 1997]. Naast de genormeerde parameters (zie bijlage III) zijn ook zware metalen, wasmiddelen en stoffen met een hormonale werking van belang [Meyer e.a., 1997].

9.3.3 Reinigen van stallen en machines

Voor het schoonspuiten van stallen en machines wordt water gebruikt. Er zijn geen kwaliteitseisen voorgeschreven. Maar voor ligboxen en kalverboxen geldt dat de kalveren geen ziekten mogen krijgen, doordat het gebruikte water bacteriologische en of chemische verontreinigingen bevat. Ongezuiverd grondwater wordt in principe geschikt geacht voor het schoonspuiten van ligboxen, kalverboxen, melkstallen en machines [Verstappen & Wolters, 1998].

9.3.4 Reiniging van melkwinningsapparatuur

Voor de reiniging van de melkleidinginstallatie en de melkkoeltank geldt de Europese richtlijn 92/46/EEG. In de Nederlandse wetgeving is de Europese richtlijn opgenomen in een verordening van het Productschap voor Zuivel (Zuivelverordening 1993, inrichtingseisen zuivelbereiding). Eén van de bepalingen is dat het water dat gebruikt wordt moet voldoen aan de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water.

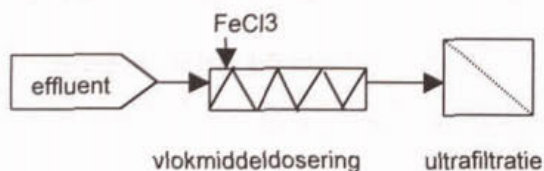
9.3.5 Beregening grasland

Voor het beregenen van grasland moet het water van zodanige kwaliteit zijn dat geen ongewenste stoffen, zoals zware metalen of pesticiden op het gewas achterblijven, omdat deze later door het vee worden gegeten. Richtlijnen voor de kwaliteit worden echter nergens voorgeschreven [Verstappen & Wolters, 1998].

9.4 Nazuivering van effluent tot landbouwwater

De eisen ten aanzien van landbouwwater zijn zeer divers. In hoofdlijnen kan gesteld worden dat veedrenkwater een hygiënische kwaliteit moet hebben die vergelijkbaar is met drinkwater. Voor gietwater is de hygiënische betrouwbaarheid belangrijk en de hardheid en zoutconcentratie. De uiteenlopende eisen betekenen dat voor de bereiding van landbouwwater sterk uiteenlopende zuiveringsprocessen kunnen worden toegepast.

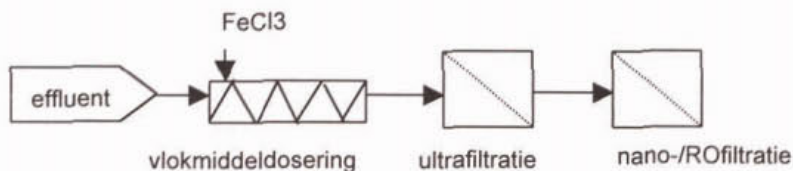
In afbeelding 15 is een 'eenvoudige zuivering' weergegeven voor de bereiding van hygiënisch betrouwbaar landbouwwater, waarbij ontzouting en ontharding niet worden gerealiseerd.



Afbeelding 15 Voorbeeld 'eenvoudige zuivering' van effluent tot landbouwwater

Na vlokmiddeldosering wordt ultrafiltratie toegepast. Ultrafiltratie zorgt voor een vergaande verwijdering van zwevende stof, troebelheid, bacteriën en virussen. Deze zuivering is toepasbaar voor irrigatiedoeleinden en eventueel voor gietwater voor gewassen met een hoge zouttolerantie of waarbij sprake is van een deelstroombehandeling naast een zoutarme stroom (regenwater).

In afbeelding 16 is het zuiveringsschema weergegeven wanneer vergaande ontzouting gewent is. Hierbij wordt nanofiltratie of hyperfiltratie (RO) toegepast, waarbij vergaande verwijdering van bestrijdingsmiddelen en AOC plaatsvindt. Tevens wordt bij nanofiltratie circa 50 % en bij RO meer dan 90 % van het Cl^- verwijderd [3, 5, 18]. Effluent dat als gietwater wordt ingezet moet voldoen aan zoutnormen en hygiënisch betrouwbaar zijn.



Afbeelding 16 Voorbeeld zuivering effluent tot landbouwwater met ontzouting

9.5 Gezondheidkundige en ecotoxicologische aspecten landbouwwater

Op Ameland wordt in de praktijk effluent in droge periodes zonder nazuivering toegepast om het peil in de sloten te verhogen [A]. In een haalbaarheidsstudie bleek echter dat inbreng van effluent in de sloten leidt tot eutrofiëring en problemen geeft voor veedrenkwater [Kroes, 1997]. In een studie naar effluentgebruik in het landelijk gebied, uitgevoerd in opdracht van het Waterschap Rijn en IJssel, zijn de gezondheidsrisico's geïnventariseerd [3]. Gezondheidsrisico's die door het irrigeren met effluent kunnen ontstaan (blootstelling aan mensen, accumulatie in gewassen) kunnen op een aantal manieren worden verkleind [3]:

- voldoende desinfecteren van het effluent;
- gewasbeperking: gewassen die rauw gegeten worden leveren grotere risico's. Meer geschikt zijn gewassen die niet bestemd zijn voor consumptie of gewassen die bewerkt worden;
- beheersing van blootstelling aan mensen, bijvoorbeeld door het toepassen van druppelirrigatie.

9.6 Leveringszekerheid landbouwwater

In paragraaf 5.4.5 en bijlage I worden de algemene uitgangspunten van leveringszekerheid bij het leveren van water door een leidingstelsel behandeld. In het navolgende wordt per type landbouwwater het aspect leveringszekerheid beschreven.

9.6.1 Gietwater

Voor de levering van gietwater is een continue beschikbaarheid van belang. Op veel glastuinbedrijven komen regenwaterbassins voor. Hiermee wordt voor een deel in de waterbehoefte voorzien. Nagezuiverd effluent kan als suppletie van regenwater dienen. Met name in droge periodes, als de voorraad in de regenwaterbassins is opgebruikt, kan schade optreden als

de 'ander water' voorziening uitvalt ten gevolge van calamiteiten. Maatregelen om schade ten gevolge van calamiteiten te voorkomen zijn:

- bij het ontwerp van de nazuivering rekening houden met voldoende zekerheidsstelling: Als bijvoorbeeld één zuiveringsstraat uitvalt, dient de zuivering zodanig ontworpen te zijn dat de capaciteit van de overige straten voldoet aan een bepaald minimum niveau;
- In overleg met het waterleidingbedrijf een strategie bepalen voor de back-up van het gietwater. (Bepalen van het debiet, het tijdstip en de duur dat van het drinkwaternet kan worden 'afgetapt').

9.6.2 Berekening van grasland en gewassen

De leveringszekerheid voor landbouwwater om grasland en gewassen te beregenen is van minder belang dan de leveringszekerheid in het geval van bijvoorbeeld gietwater. Bij de berekening uit open waterlopen vult het effluent het van nature aanwezige water aan. Tijdelijke stopzetting van deze aanvulling leidt niet direct tot schade. Als in een droge periode de aanvoer van gezuiverd effluent voor langere tijd wordt stopgezet, kan wel schade optreden. De kans dat dit gebeurt is echter kleiner als de kwaliteitseisen die aan het gezuiverde effluent gesteld worden minder streng zijn.

In Californië zijn de volgende eisen gesteld aan irrigatievoorzieningen uit effluent:

- aanwezigheid waarschuwingsalarm bij storing;
- back-up elektriciteitsvoorziening;
- meerdere zuiveringsstraten;
- buffercapaciteit 1 dag voor korte termijn;
- buffercapaciteit 20 dagen voor lange termijn.

In Florida zijn er eisen aan de minimumcapaciteit van de installatie gesteld en zijn er eisen aan de personele bewaking (24 uur per dag of 6 uur per dag bij discontinue bedrijfsvoering) [EPA, 1992].

9.6.3 Veedrenkwater

Voor het drenkwater van vee is een hoge leveringszekerheid van belang. Back-up voorziening via het drinkwaternet, grondwater of (behandeld) oppervlaktewater is van belang.

9.7 Milieueffecten van landbouwwater

Door effluent in kleine watergangen te laten lopen en een gedegen peilbeheer toe te passen, kan water langer in het gebied worden vastgehouden. Hierdoor kan verdroging worden tegengegaan en kan schade die door verdroging is ontstaan, hersteld worden. Door toevoeging van effluent aan de watergangen kan de kwaliteit van het ontvangende water veranderen. Door een vergaande zuivering van met name nitraat en fosfaat, kan het zijn dat de toevoeging van effluent een kwaliteitsverbetering teweegbrengt. [Stowa(a), 1996].

Als effluent wordt toegepast om gewassen te beregenen kan dit een effect hebben op de gewasproductie. De aanwezigheid van zouten kan de wateropname van het gewas beperken zodat de opbrengst terugloopt. Schade kan beperkt worden door gewassen te selecteren op zouttolerantie [Hermans, 1999]. In bijlage I zijn de milieueffecten van toe te passen technieken beschreven.

9.8 Acceptatie effluent als landbouwwater

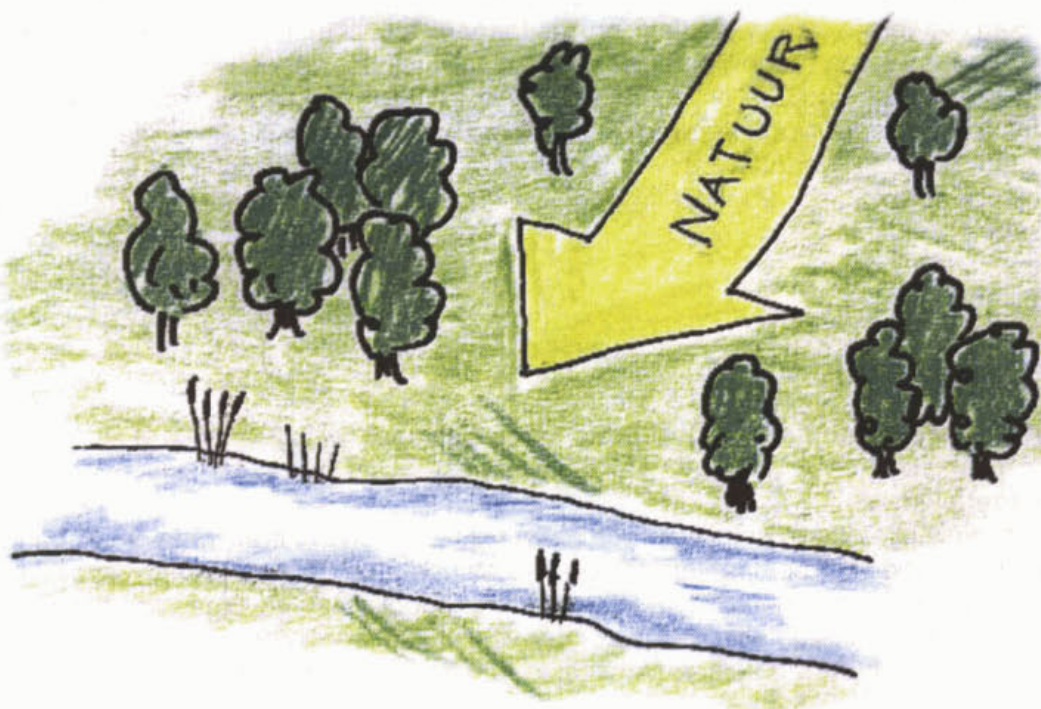
Met name bij toepassingen waarbij diergezondheid of infectierisico's via gewassen een rol spelen zal de landbouwer niet genegen zijn om effluent te overwegen als bron voor de watervoorziening. Zelfs het gebruik van oppervlaktewater heeft bij toepassingen als veedrenkwater of gietwater voor de kastuinbouw geen voorkeur. Een slechte waterkwaliteit in combinatie met een slechte bedrijfsvoering op het bedrijf kan aanleiding geven tot economische schade [Dokkum e.a., 1998].

9.9 Stappenplan landbouwwater

In tabel 17 is een vragenlijst gepresenteerd waarmee de haalbaarheid van een landbouwwaterlevering kan worden bepaald. In hoofdstuk 4 is het bijbehorende stappenplan weergegeven waarnaar de nummers in de eerste kolom verwijzen.

Tabel 17 Wegwijzer beoordeling haalbaarheid bereiding landbouwwater uit effluent

Stap	Vraagstelling	Verwijzing Compendium
1	IN KAART BRENGEN ACTOREN LANDBOUWWATER	
	Welke actoren zijn betrokken (overheid, afnemers, toeleveranciers, intermediairs, concurrenten, publieksgroepen)?	5.2
	Wat is het belang/houding/ervaring van actoren t.o.v. effluentgebruik?	5.3, 9.2, 9.2.1
	Hoe beïnvloed ik het draagvlak bij actoren?	9.8
	MATCHEN VAN KWALITEIT + KWANTITEIT	
	Welke kwaliteit gewenst (normen, kritische componenten)?	9.3, bijlage III-3
	Welke hoeveelheid wordt wanneer gewenst?	9.2
	Welke kwaliteit heeft de bron?	2.3, 2.4, 5.4.6
	Welke technieken zijn beschikbaar?	Bijlage I-1
	Welke processen zijn gangbaar en toepasbaar?	9.4
	Welke risico's zijn er voor de volksgezondheid en ecosystemen?	5.7, 9.5, bijlage I-2
3	BEPALEN VAN TRANSPORTMAATREGELEN LANDBOUWWATER	
	Waar wordt het water gevraagd?	Situatie specifiek
	Waar ligt de rwzi?	Situatie specifiek
	Wat is de transportroute en zijn er hindernissen?	Situatie specifiek
	Welke capaciteit wordt wanneer geleverd en	Situatie specifiek
	Welke leidingdiameter(s) en materialen moeten worden toegepast?	Situatie specifiek
4	BEPALEN VAN KOSTEN LANDBOUWWATER	
	Welke investering brengt de zuivering met zich mee?	5.8.1
	Welke kostprijs is er per techniek?	5.8.3, bijlage I-3
	Welke investeringen brengt het transport met zich mee?	bijlage I-3
	Welke kostprijs is er globaal verbonden aan transport	bijlage I-3
	Wat zijn de te hanteren afschrijvingstermijnen?	5.8.1
	Welke methodiek hanteer ik om alternatieven op kosten te vergelijken?	Niet in compendium
	Hoe verwerk ik risico's in het kostenplaatje?	5.8.1, 5.8.3, bijlage I-3
	Hoe ga ik om met kosten in het voortraject?	5.8.1, 5.8.3
	Hoe ga ik om met overheadkosten?	bijlage I-3
	Welke kosten zijn er m.b.t. procesvoering?	bijlage I-3
	Welke prijs is de klant bereid te betalen?	5.8.2
	Welke baten worden er gegenereerd?	5.8.1
5	OVERIGE ASPECTEN LANDBOUWWATER	
	Welke leveringszekerheid is gewenst en kan ik leveren?	5.4.5, 9.6, bijlage I-4
	Welke aanvullende diensten zijn gewenst en kan ik leveren (advies, onderhoud installaties etc.)?	Niet opgenomen in compendium
	Welke organisatievormen zijn gewenst/ mogelijk?	5.5
	Welke milieuaspecten zijn van belang?	5.6, 9.7, bijlage I-5



10.1 Algemeen

In natuurgebieden kan het aanwezige oppervlaktewater zijn oorsprong vinden in grondwater via natuurlijke kwel, als oppervlaktewater worden aangevoerd of via neerslag worden aangevuld. In gebieden waar sprake is van opkwellend grondwater als hoofdbron zal inzet van effluent als suppletiebron niet of nauwelijks in aanmerking komen. Oorzaak hiervan is de sterk gedifferentieerde waterkwaliteit per deelgebied binnen het natuurgebied. Indien effluent ingezet kan worden ter aanvulling van het aanwezige oppervlaktewater in natuurgebieden met een bestaande aanvulling via regenwater en/of oppervlaktewater, is de haalbaarheid groter. Dit blijkt uit praktijktoepassingen op Texel en Ameland. Met de inzet van een eenvoudige nazuivering bestaande uit een helofytenfilter kan voldaan worden aan de kwaliteitseisen [11]. Een bijzondere situatie ontstaat als effluent reeds vanuit het verleden wordt geloosd op oppervlaktewater met de bestemming natuur. Door de voortschrijdende normstelling zal het effluent moeten worden nagezuiverd tot MTR-kwaliteit [4^e Nota Waterhuishouding, 1999]. Voor recreatiewater zal de bron over het algemeen bestaan uit:

- grondwater;
- regenwater;
- oppervlaktewater (o.a. Rijn en Maas).

In vergelijking met oppervlaktewater uit de Rijn heeft effluent ten aanzien van opgeloste stoffen een betere kwaliteit. Daarentegen heeft effluent veelal een slechtere hygiënische kwaliteit. Met name voor recreatie is het aspect volksgezondheid van belang. De verantwoordelijke overheid stelt dan ook hoge eisen aan de effluentkwaliteit voordat dit als recreatiewater kan worden toegepast. Zo heeft Rijkswaterstaat geen toestemming gegeven aan Waterschap Veluwe om het effluent van de rwzi Elburg via een helofytenfilter op de randmeren te lozen in plaats van de huidige nadesinfectie met chloor [4].

10.2 Omvang vraag naar natuur, recreatie- en stadswater

Effluent kan op verschillende manieren worden ingezet voor natuur en recreatiedoeleinden. De toepassing kan variëren van vijvertjes op golfbanen tot complete recreatiegebieden waar zwemmen, vissen en varen mogelijk is. Denk ook aan fontein, het ontwikkelen van moerassen, onderhoud van natuurgebieden en sportvisvijvers. In een verkenning en doorkijk naar de mogelijkheden om effluent voor verdrogingsbestrijding in te zetten is een indeling gemaakt in natuurdoeltypen, op basis waarvan kan worden nagegaan of effluent geschikt is als suppletiewater in natuurgebieden [Stowa (a), 1996]. De indeling is gemaakt op basis van de volgende kenmerken:

- vochttoestand;
- saliniteit;
- voedselrijkdom;
- basenrijkdom;
- stroming.

10.2.1 Voorbeeldprojecten natuur-, recreatie en stadswater

inzet als recreatiewater

Op de rwzi Elburg is pilotonderzoek uitgevoerd om vast te stellen of ultrafiltratie als vervanging kan dienen voor desinfectie met behulp van chloor. Het effluent van de rwzi Elburg wordt geloosd op zwemwater, waarbij de vorming van schadelijke nevenproducten ten gevolge van chloordesinfectie ongewenst is. Ultrafiltratie is getest met en zonder voorbehandeling door snelfiltratie [Pluim, 1997] [14]. Uiteindelijk is echter uit kostenoverwegingen niet gekozen om de chloordesinfectie te vervangen.

inzet als natuurwater

Bij het Waterschap Rijn en IJssel wordt voor de rwzi's Ruurlo en Wehl nabehandeling van effluent toegepast door middel van continue zandfiltratie. Het effluent van deze rwzi's wordt geloosd op ecologische verbindingzones, hetgeen voor het waterschap aanleiding was om versneld over te gaan op het toepassen van een extra zuiveringsstap om de MTR-kwaliteit te halen. In het beheersgebied van Rijn en IJssel trad verdroging op doordat kleine rwzi's werden gesloten en het effluent van de grote rwzi's direct uit het gebied afgevoerd werd. Door nazuivering van het effluent van kleinere zuiveringsinstallaties streeft het waterschap ernaar het water langer in het gebied vast te houden en zo verdroging tegen te gaan [K].

inzet als natuurwater

In Evertsekoog (Texel) is door het Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen in het Hollands Noorderkwartier, een moerassysteem met helofyten en waterplanten geconstrueerd om effluent na te behandelen tot bruikbaar oppervlaktewater. Gezien het kleine volume aan watergangen wordt met name in de zomer het effluent nauwelijks met oppervlaktewater opgemengd. Het effluent heeft een nadelig effect op de flora en fauna. Verontreinigingen worden dan haast niet verdund. Het moerassysteem zuivert het effluent van de plaatselijke rwzi, dat een droogweerafvoer van 3400 m³/dag heeft. Door de zuivering van effluent tot oppervlaktewaterkwaliteit kan het waterschap dit water binnen het oppervlaktewatersysteem houden in plaats van te lozen op de Noordzee of Waddenzee. Het moerassysteem is opgezet als een proefonderzoek op praktijkschaal. De positieve resultaten van het onderzoek vormen voor het Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen aanleiding te onderzoeken op welke rwzi's dit systeem eveneens kan worden toegepast [Kampf e.a., 1997] [6].

inzet als beregeningswater (natuur en recreatie)

Omdat het verkrijgen van een beregeningsvergunning voor de golfbaan van de Efteling problemen gaf is de mogelijkheid van het gebruik van effluent van de rwzi Kaatsheuvel onderzocht. In 1995 heeft de Efteling haar golfbaan in gebruik genomen. Het beregenen met grond- of oppervlaktewater is strijdig met het provinciale antiverdrogingsbeleid. Omdat de watervoorziening

en de hemelwaterafvoer voor het recreatiepark ook problemen geven is de gehele watervoorziening van de Efteling kritisch bekeken. De mogelijkheid van het hergebruiken van effluent van de rwzi Kaatsheuvel is in kaart gebracht. Hierbij bleek dat nazuivering van effluent noodzakelijk was, waarbij fosfaatreductie en een verbetering van de bacteriologische betrouwbaarheid wordt nagestreefd [Noordegraaf en Giffen, 1997] [13].

10.3 Kwaliteitseisen aan natuur-,recreatie- en stadswater

Natuur is een complexe en veelvormige gebruikscategorie. Om inzicht te krijgen in de mogelijkheid en wenselijkheid om ecotopen te versterken door suppletie van effluentwater is in een eerdere studie door Tauw en Iwaco in opdracht van Stowa een 17-tal natuurdoeltypen onderscheiden [Stowa (a), 1996]. Per natuurdoeltype is een specifieke waterkwaliteit gewenst. De bijbehorende specifieke eisen zijn opgenomen in bijlage III. Kwaliteitsnormen voor recreatiewater zijn eveneens opgenomen in bijlage III. Deze worden onderscheiden naar type recreatie: zwemmen, vissen en varen. Voor zwemwater zijn normen gedefinieerd in de Wvo en het besluit "Hygiëne en Veiligheid Zweminrichtingen". De kwaliteit van recreatief vaarwater moet tenminste voldoen aan de MTR - waarden voor oppervlaktewater uit de 4^e Nota Waterhuishouding. Op plaatsen waar intensief met kleine vaartuigen wordt gevaren kunnen aanvullende eisen worden gesteld (in de richting van normen voor zwemwater). Voor viswater worden voortsnog de normen voor karperachtigen gehanteerd [Stowa (a), 1996].

10.3.1 Natuur- en recreatiewater

Ten aanzien van open water hanteren de Nederlandse gemeenten de kwaliteitseisen zoals aangegeven in de 4e Nota Waterhuishouding. De kritische parameters zijn nutriënten (N en P). In woonwijken waar kinderen in en rond het water spelen, en er dus een risico voor de volksgezondheid bestaat, is een eis gesteld aan het aantal coliformen. In tabel 18 zijn de grenswaarden voor enkele parameters gegeven.

Tabel 18 Grenswaarden parameters stedelijk gebied

Parameter	Eenheid	Grenswaarde
Zuurstof	mg O ₂ /l	3
Totaal stikstof	mg N/l	2,2
Totaal fosfaat	mg P/l	0,15
Ammoniak	mg N/l	0,02
Chloride	mg Cl/l	200
Zuurgraad	pH	6,5 < <9
Doorzicht	m	> 0,4
Geur		niet hinderlijk
Thermotolerante coli	mediaan mpn/ml	20

10.3.2 Stadswater

In Nederland zijn nog geen toepassingen van effluent als stadswater beschreven. Naast een esthetische functie kan stadswater ook een functie hebben als:

- recreatiewater;
- transportwater;
- bluswater.

Het huidige water in de stad is afkomstig van:

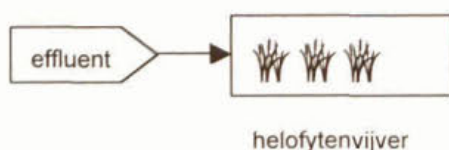
- diffuse lozingen in de stad;
- afstromend regenwater;
- oppervlaktewater van buiten de stad.

Zonder aanvullende zuivering, of slechts met een eenvoudige nazuivering, kan het effluent vergelijkbaar zijn of zelfs beter van kwaliteit dan het aanwezige stadswater.

10.4 Nazuivering van effluent tot natuur-, recreatie- en stadswater

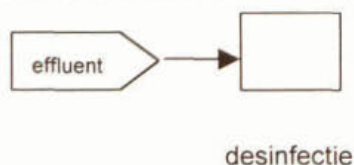
10.4.1 Natuur- en recreatiewater

Bij de zuivering van effluent tot natuur- en recreatiewater is de belangrijkste doelstelling het voldoen aan de Wvo-normen voor het ontvangende water en, indien van toepassing, om te voldoen aan de MTR-waarden. In afbeelding 17 is een voorbeeld van een zuiveringsopzet weergegeven. Het helofytenfilter heeft een biologische werking door de opname van stikstof en fosfor en andere vervuilingen door het riet als groeistoffen. Tevens wordt de bacteriologische en virologische betrouwbaarheid van het water verbeterd.



Afbeelding 17 Voorbeeld zuivering van effluent tot natuur- en recreatiewater

Afbeelding 18 geeft een voorbeeld van een zuiveringsopzet voor effluent dat wordt geloosd op recreatiewater. Om een hygiënische betrouwbare kwaliteit te krijgen, wordt desinfectie toegepast. Naast chloor worden ook UV, ozon of peroxide toegepast. [12, 19, 26].



Afbeelding 18 Voorbeeld zuivering van effluent tot recreatiewater

10.4.2 Stadswater

In Nederland zijn nog geen concrete ervaringen opgedaan met de bereiding van stadswater uit effluent. De ontwerpgrondslagen zullen dus moeten worden afgeleid uit de eisen die worden gesteld aan de kwaliteit van stadswater.

10.5 Gezondheidskundige aspecten van natuur-, recreatie- en stadswater

Bij het literatuuronderzoek en het navolgende praktijkonderzoek op de rwzi Driebergen Doorn was de doelstelling het voldoen aan de MTR-kwaliteit [D]. De MTR-richtlijn is gebaseerd op een eco (toxico) logische risicobeoordeling. Voor recreatiewater is met name de microbiologische kwaliteit van belang terwijl voor de bescherming van kwetsbare natuur vooral nutriënten, zware metalen en organische microverontreinigingen bepalend zijn. De gezondheidskundige en ecotoxicologische aspecten zijn nader uitgewerkt in bijlage I.

10.6 Leveringszekerheid van natuur-, recreatie- en stadswater

Voor deze producten bestaat geen directe afnemer die economische schade ondervindt bij stopzetting van de levering. Eventuele schade aan de natuur bij tijdelijke stopzetting van de aanvoer van natuurwater is binnen bepaalde marges acceptabel. Indien nodig, kan suppletie vanuit andere bronnen (kwel-, oppervlaktewater) plaatsvinden. In paragraaf 5.4.5 en bijlage I worden de algemene uitgangspunten van leveringszekerheid bij het leveren van water door een leidingstelsel behandeld.

10.7 Milieueffecten van natuur-, recreatie- en stadswater

De aanvoer van gebiedsvreemd water, wat effluent in feite is, kan effect hebben op de ecologische waarde van een natuurgebied. De samenstelling van het effluent kan zodanig van het gebiedseigen water verschillen dat er verandering in de vegetatie kan ontstaan. Er kan verruiging van het landschap ontstaan, hoogopschietende planten als brandnetels, distels en bramen kunnen gaan overheersen.

10.8 Acceptatie effluent als bron voor natuur-, recreatie- en stadswater

Indien de geur en kleur van het effluent niet waarneembaar zijn en indien het effluent niet leidt tot een verlaging van de diversiteit in een natuurgebied, zal de maatschappelijke acceptatie hoog zijn. De toepassing van effluent als recreatiewater waarbij sprake is van direct contact met mens en dier zal slechts geaccepteerd worden als kan worden aangetoond dat in alle gevallen voldaan kan worden aan de gestelde normen. De toepassing van effluent als beregeningswater waarbij geen sprake is van direct contact met mens en dier is nu al in de praktijk toegepast op golfterreinen nabij de Efteling. Echter ook de toepassing van effluent waarbij wel direct contact mogelijk is, vindt in de praktijk al plaats. De meest bekende voorbeelden zijn de rwzi's Elburg en Huizen die op de randmeren lozen. In Elburg wordt chloor gedoseerd, terwijl de rwzi Huizen een UV-dosering toepast om het effluent te desinfecteren [U;X;Walraven,1997]. Effluent zal zeer waarschijnlijk snel worden geaccepteerd als bron voor stadswater indien de recreatiefunctie niet de belangrijkste is. De grachten in de oude steden zijn over het algemeen van een mindere kwaliteit dan het effluent van de huidige generatie rwzi's. In nieuwbouwwijken waar veel kleine kinderen in en om het aanwezige stadswater kunnen spelen zal meer weerstand zijn, zeker als geen aanvullende desinfectie wordt toegepast.

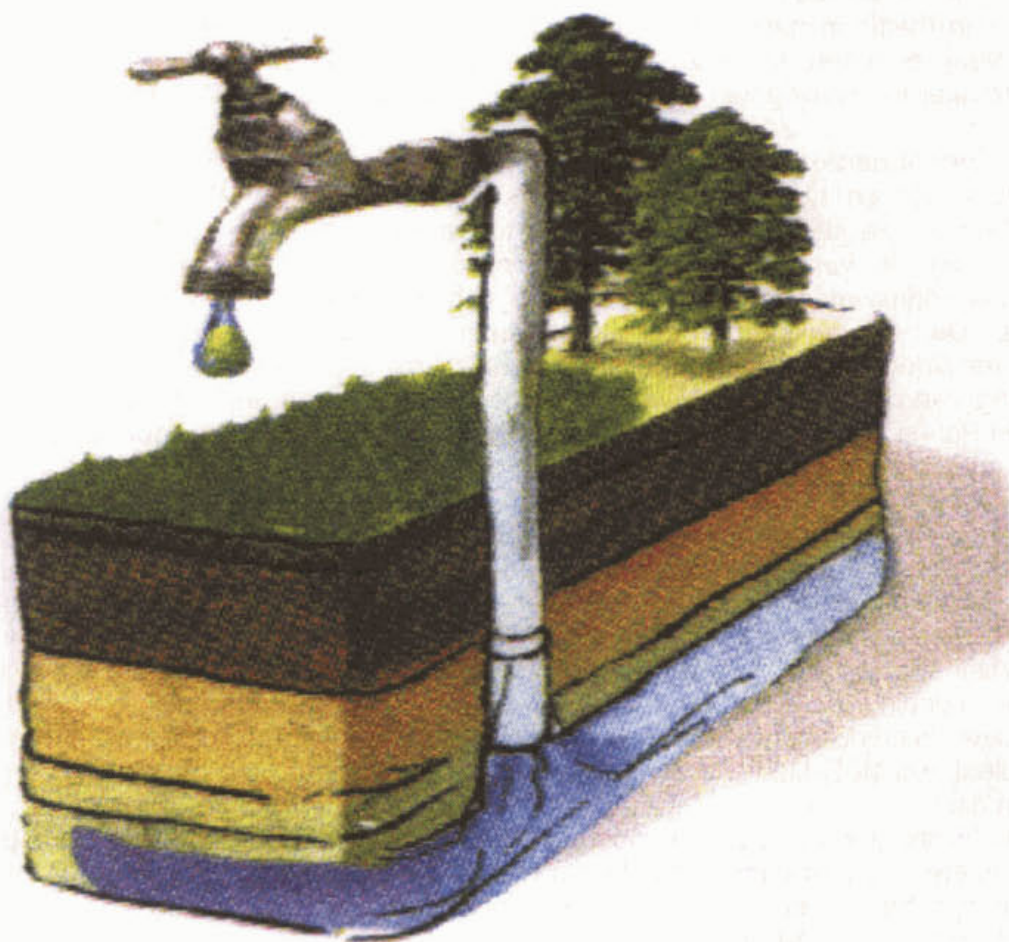
10.9 Stappenplan natuur- en recreatiewater

In tabel 19 is een vragenlijst gepresenteerd waarmee de haalbaarheid van een natuur-, recreatie en stadswaterlevering kan worden bepaald. In hoofdstuk 6 is het bijbehorende stappenplan weergegeven waarnaar de nummers in de eerste kolom verwijzen.

Tabel 19 Wegwijzer beoordeling haalbaarheid bereiding natuur-, recreatie- en stadswater uit effluent

Stap	Vraagstelling	Verwijzing Compendium
1	IN KAART BRENGEN ACTOREN BIJ LEVERING NATUUR-, RECREATIE- EN STADSWATER	5.2
	Welke actoren zijn betrokken (overheid, afnemers, toeleveranciers, intermediairs, concurrenten, publieksgroepen) ?	5.2
	Wat is het belang/houding/ervaring van actoren t.o.v. effluentgebruik?	5.3, 10.2, 10.2.1
	Hoe beïnvloed ik het draagvlak bij actoren?	10.8
2	MATCHEN VAN KWALITEIT + KWANTITEIT	
	Welke kwaliteit gewenst (normen, kritische componenten)?	10.3, bijlage III-4/5
	Welke hoeveelheid wordt wanneer gewenst?	10.2
	Welke kwaliteit heeft de bron?	2.3, 2.4, 5.4.6
	Welke technieken zijn beschikbaar?	Bijlage I-1
	Welke processen zijn gangbaar en toepasbaar?	10.4
	Welke risico's zijn er voor de volksgezondheid en ecosystemen?	5.7, 10.5, bijlage I-2
3	BEPALEN VAN TRANSPORTMAATREGELEN	
	Waar wordt het water gevraagd?	Situatie specifiek
	Waar ligt de rwzi?	Situatie specifiek
	Wat is de transportroute en zijn er hindernissen?	Situatie specifiek
	Welke capaciteit wordt wanneer geleverd en	Situatie specifiek
	Welke leidingdiameter(s) en materialen moeten worden toegepast?	Situatie specifiek
4	BEPALEN VAN KOSTEN	
	Welke investering brengt de zuivering met zich mee?	5.8.1
	Welke kostprijs is er per techniek?	5.8.3, bijlage I-3
	Welke investeringen brengt het transport met zich mee?	bijlage I-3
	Welke kostprijs is er globaal verbonden aan transport	bijlage I-3
	Wat zijn de te hanteren afschrijvingstermijnen?	5.8.1
	Welke methodiek hanteer ik om alternatieven op kosten te vergelijken?	Niet in compendium
	Hoe verwerk ik risico's in het kostenplaatje?	5.8.1, 5.8.3, bijlage I-3
	Hoe ga ik om met kosten in het voortraject?	5.8.1, 5.8.3
	Hoe ga ik om met overheadkosten?	bijlage I-3
	Welke kosten zijn er m.b.t. procesvoering?	bijlage I-3
	Welke prijs is de klant bereid te betalen?	5.8.2
	Welke baten worden er gegenereerd?	5.8.2
5	OVERIGE ASPECTEN	
	Welke leveringszekerheid is gewenst en kan ik leveren?	5.4.5, 10.6, bijlage I-4
	Welke aanvullende diensten zijn gewenst en kan ik leveren (advies, onderhoud installaties etc.)?	Niet opgenomen in compendium
	Welke organisatievormen zijn gewenst/ mogelijk?	5.5
	Welke milieuaspecten zijn van belang?	5.6, 10.7, bijlage I-5

11 HALFFABRIKAAT DRINKWATER



11.1 Algemeen

Technisch gezien is het mogelijk drinkwater te maken uit effluent. In praktijk zal dit vanwege de hoge zuiveringskosten niet worden toegepast. Daarnaast is in het Beleidsplan Drink- en Industriewatervoorziening (BDIV) vastgelegd dat, uit het oogpunt van volksgezondheid, voor de drinkwaterbereiding gestreefd moet worden naar de beste kwaliteit grondstof, zodat met een zo eenvoudig mogelijke zuivering een zo betrouwbaar mogelijk eindproduct (drinkwater) kan worden verkregen. Hierbij wordt de volgende voorkeursvolgorde aangehouden:

1. inzet van grondwater;
2. inzet van oppervlaktewater waarbij bodempassage plaatsvindt;
3. inzet van oppervlaktewater waarbij geen bodempassage plaatsvindt (directe winning en zuivering).

11.2 Omvang van de vraag naar effluent voor halffabriek drinkwater

De behoefte aan effluent als bron voor de bereiding van (halffabriek) drinkwater bestaat met name in gebieden waar geen geschikte alternatieve bron voorhanden is. In principe zijn dit alleen gebieden waar sprake is van waterschaarste. In Nederland is er alleen sprake van relatieve waterschaarste in natuurgebieden die als verdroginggevoelig zijn aangemerkt. Over het algemeen zijn de aaneengesloten afmetingen van deze gebieden niet dusdanig groot dat geen alternatieve bron binnen een redelijke afstand beschikbaar is.

11.2.1 Voorbeeldprojecten halffabriek drinkwater

De belangrijkste voorbeeldprojecten met betrekking tot het toepassen van effluent voor het bereiden van (halffabriek) drinkwater zijn in België [Houtte e.a., 1998] en in Namibië [Takashi Asano, 1998] te vinden. In Nederland is alleen voor de rwzi Etten een haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd naar toepassing van effluent voor het produceren van (halffabriek) drinkwater[18].

haalbaarheidsonderzoek inzet effluent rwzi Etten

Waterschap Rijn en IJssel heeft in samenwerking met de NV Waterbedrijf Gelderland een haalbaarheidsstudie laten uitvoeren naar het toepassen van effluent van de rwzi Etten voor het bestrijden van de verdroging in natuurgebied De Zumppe in de directe omgeving van de nabijgelegen drinkwaterwinning De Pol. Eén van de onderzochte opties is halffabriek voor drinkwater. De belangrijkste uitkomst is dat een zuivering van effluent gericht zou moeten zijn op verdere verwijdering van zwevende stof, organische microverontreinigingen, kleur en geur en verbetering van de hygiënische kwaliteit. Geconcludeerd is dat infiltratie van gezuiverd effluent tussen De Pol en De Zumppe een aantrekkelijk optie is en dat de kosten voor zuivering van effluent vóór infiltratie rond de f 1,00 bedragen.

11.3 Normen en kwaliteitseisen voor infiltratiewater en halffabriek drinkwater

Het Infiltratiebesluit ex Wet Bodembescherming is van toepassing op het infiltreren van oppervlaktewater met de bedoeling het later weer op te pompen voor de drinkwaterbereiding (bijlage III). Gesteld kan worden dat er waarschijnlijk geen bezwaar zal zijn tegen het infiltreren van effluent wanneer aan de eisen van het Infiltratiebesluit wordt voldaan. Wanneer effluent via een infiltratievoorziening in de bodem gebracht wordt is een vergunning nodig op grond van de Wet Milieubeheer. Hiervoor kunnen de eisen uit het Infiltratiebesluit als richtlijn worden aangehouden. Tevens dient een MER-studie te worden uitgevoerd bij een capaciteit van de infiltratie groter dan 3 miljoen m³/jaar.

Indien het infiltratieproces als onderdeel van de zuivering wordt beschouwd, zal ontheffing bij de minister moeten worden aangevraagd op basis van het Waterleidingbesluit om effluent te mogen gebruiken als bron. Het uit effluent bereide eindproduct zal aan de kwaliteitseisen in het Waterleidingbesluit moeten voldoen.

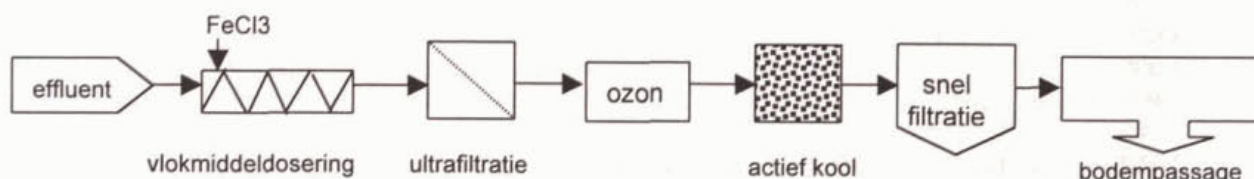
De kwaliteitseisen aan drinkwater kunnen worden samengevat met de volgende zin in het Waterleidingbesluit [Stb220, 1984]: "*Drinkwater dat de eigenaar aan anderen ter beschikking stelt, mag geen eigenschappen hebben waardoor het voor de gezondheid nadelig kan zijn*". En later in een EG-richtlijn [EG,1980]: "*Water dat voor menselijke consumptie is bestemd mag geen pathogene organismen bevatten*". Deze eis is vertaald in normen voor bacteriën die een indicatie zijn voor verontreiniging van drinkwater met menselijke of dierlijke faecaliën (bacteriën van de coligroep, faecale streptokokken). In het voorstel voor de herziening van het Waterleidingbesluit is opgenomen dat oppervlaktewaterbedrijven hun grondstof regelmatig op het voorkomen van virussen en parasitaire protozoa moeten onderzoeken en de verwijderingscapaciteit van hun zuivering ten aanzien van deze ziekteverwekkers dienen vast te stellen [Dijk-Looijaard., 1993]. Naast eisen aan de microbiologische kwaliteit worden ook eisen gesteld aan de fysisch/chemische en organoleptische kwaliteit. In het Waterleidingbesluit is niet alleen geregeld welke kwaliteit het drinkwater moet hebben (bijlage A, Waterleidingbesluit). Ook de kwaliteit van het water waaruit drinkwater wordt bereid (bijlage D, Waterleidingbesluit), de meetmethodes en frequentie van bemonstering en analyse van zowel de grondstof als het product (bijlage B en C, Waterleidingbesluit) zijn geregeld. Afhankelijk van de kwaliteit van de grondstof is tevens een type zuivering voorgeschreven (bijlage E, Waterleidingbesluit), zie bijlage III.

Door VEWIN zijn richtlijnen uitgegeven voor drinkwaterkwaliteit die voor sommige parameters nog strenger zijn dan de normen in het Waterleidingbesluit. Tevens is een uitsplitsing gemaakt naar de gewenste kwaliteit 'af pompstation' en de kwaliteit in het voorzieningsgebied (bij de klant) [VEWIN, 1993]. De normen in het Waterleidingbesluit, de VEWIN-aanbevelingen en de EU-richtlijn zijn tezamen met de MAC-waarde (maximaal toelaatbare concentratie) opgenomen in bijlage III.

11.4 Nazuivering van effluent tot halffabriek drinkwater

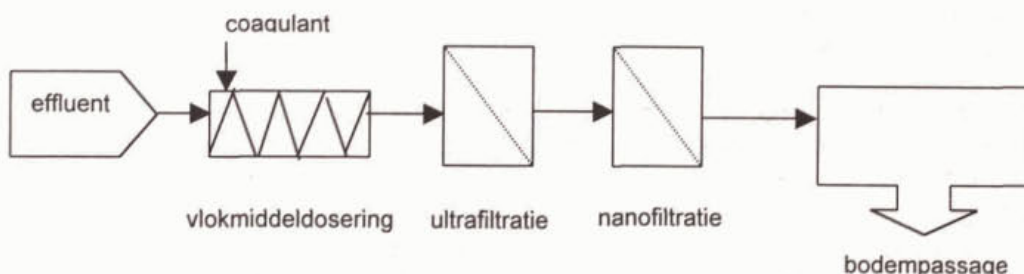
Indien effluent wordt ingezet om de grondwatervoorraad aan te vullen, en dus geïnfiltreerd wordt in de bodem, dient te worden voldaan aan het Infiltratiebesluit (bijlage III). De zuivering is gericht op de verwijdering van stoffen die zowel door bodempassage als door navolgende zuivering van het infiltraat niet worden verwijderd en waar, volgens het Waterleidingbesluit, normconcentraties voor zijn opgesteld.

In afbeelding 19 is een voorbeeld gegeven van een zuiveringsopzet om effluent op te werken tot infiltreerbaar water. In deze opzet wordt door ultrafiltratie gezorgd voor vergaande verwijdering van zwevende stof, troebelheid, bacteriën en virussen. Dit gaat gepaard met een grote verlaging van de verstoppings/vervuilingspotentie. Eventueel kan een snelfiltratiestap vóór de ultrafiltratie worden geplaatst als blijkt dat deze laatste te zwaar belast wordt. Na ultrafiltratie wordt ozon gedoseerd, waarbij organische stoffen (o.a. humuszuren en bestrijdingsmiddelen) worden geoxideerd. Vervolgens worden deze stoffen in het actiefkoolfilter grotendeels geadsorbeerd of biologisch omgezet. Een snelfilter wordt nageschakeld om verdere verlaging van het gehalte aan biologisch afbreekbare stoffen te bereiken [18].



Afbeelding 19 Voorbeeld zuivering van effluent tot halffabriek drinkwater

In afbeelding 20 is een meer geavanceerde zuiveringsopzet geschetst. Hier zorgt ultrafiltratie voor vergaande verwijdering van zwevende stof, troebelheid, bacteriën en virussen. Dit gaat gepaard met een grote verlaging van de verstoppings/vervuilingspotentie. Eventueel kan een snelfiltratiestap vóór de ultrafiltratie worden geplaatst als blijkt dat deze laatste te zwaar belast wordt. Na ultrafiltratie wordt nanofiltratie toegepast, waarbij een vergaande verwijdering van bestrijdingsmiddelen, hardheid, deels éénwaardige ionen en biologisch afbreekbare stoffen plaatsvindt.



Afbeelding 20 Voorbeeld zuivering van effluent tot halffabriek drinkwater (geavanceerd)

Tevens wordt bij nanofiltratie circa 30 - 50 % van de ionen (zouten) verwijderd, zodat ophoping van zouten in de waterkringloop wordt beperkt [18]. Wel ontstaat een geconcentreerde zoutstroom die zal moeten worden afgevoerd.

11.5 Gezondheidskundige aspecten voor halffabriek drinkwater

In de studie naar toepassing van effluent van de rwzi Etten is op basis van de effluentkwaliteit gekeken naar de benodigde zuivering om te voldoen aan de drinkwaterkwaliteit. Aangezien de optie om het effluent rechtstreeks als drinkwater in te zetten niet is beoordeeld, is geen rekening gehouden met de vereiste bronkwaliteit [Velde, 1999].

11.6 Leveringszekerheid van halffabrikaat drinkwater

In paragraaf 5.4.5 en bijlage I worden de algemene uitgangspunten van leveringszekerheid bij het leveren van water door een leidingstelsel behandeld. Effluent kan als suppletie dienen van de primaire bron waarvan drinkwater wordt bereid. Zo kan met gezuiverd effluent de grondwatervoorraad of de voorraad oppervlaktewater aangevuld worden. Een calamiteit kan betekenen dat de effluentkwaliteit tijdelijk verslechterd is. Als de aanvulling met effluent ten gevolge van een calamiteit wordt gestaakt en de drinkwaterproductie ondertussen doorgaat, is het van belang inzicht te krijgen in:

- welke schadelijke gevolgen op kunnen treden. Bij een grondwateronttrekkingsgebied zal schade van geohydrologische aard op kunnen treden;
- op wat voor termijn er schade op kan treden. De bodem vormt een enorme buffer, tijdelijk staken van de infiltratie zal niet direct tot schade leiden;
- maatregelen die genomen kunnen worden om schade ten gevolge van een calamiteit bij de levering van effluent te voorkomen;
- bij het ontwerp van de nazuivering rekening houden met voldoende zekerheidsstelling. Als bijvoorbeeld één nazuiveringsstraat uitvalt, dient de zuivering zodanig te zijn ontworpen dat de capaciteit van de overige straten voldoet aan een vooraf bepaald minimum niveau;
- een 'tweede anker' te implementeren. Als de aanvoer van effluent ten gevolge van een calamiteit voor langere tijd gestaakt moet worden, moet er teruggevallen kunnen worden op een andere bron.

11.7 Milieueffecten van halffabrikaat drinkwater

Als het nagezuiverde effluent in de bodem wordt gebracht, stijgt de grondwaterstand waardoor schade die door verdroging is ontstaan kan herstellen. Een negatief effect kan natschade op de landbouwgronden zijn, hetgeen optreedt als de grondwaterstand te veel stijgt. Het beheersen van de grondwaterstijging is belangrijk om de natuur de mogelijkheid te geven zich aan te passen aan de nieuwe hydrologische condities.

Zowel door de verontreinigingen in het effluent als door eindproducten van de omzettingsprocessen in de bodem kan verontreiniging van de bodem optreden. Wanneer de bodem een grote doorlatendheid heeft, percoleert het effluent snel naar het grondwater. Infiltratie van gezuiverd effluent in de bodem stelt eisen aan de kwaliteit van het effluent (Lozingenbesluit) en de doorlatendheid van de bodem. Een te geringe infiltratiecapaciteit van de ontvangende bodem kan leiden tot overlast

11.8 Acceptatie effluent als bron voor (halffabrikaat) drinkwater

Mede vanwege de hoge zuiveringskosten en vanwege de psychologische barrière, lijkt de toepassing van effluent voor de drinkwatervoorziening nog ver weg. Het feit dat er wereldwijd slechts enkele projecten met directe toepassing van effluent voor de directe levering van drinkwater zijn gerealiseerd, toont aan dat de maatschappelijke acceptatie niet of nauwelijks aanwezig is. Deze geringe acceptatie blijkt ook uit de normstelling in het Waterleidingbesluit waar een bronkwaliteit zoals die van effluent in principe is uitgesloten.

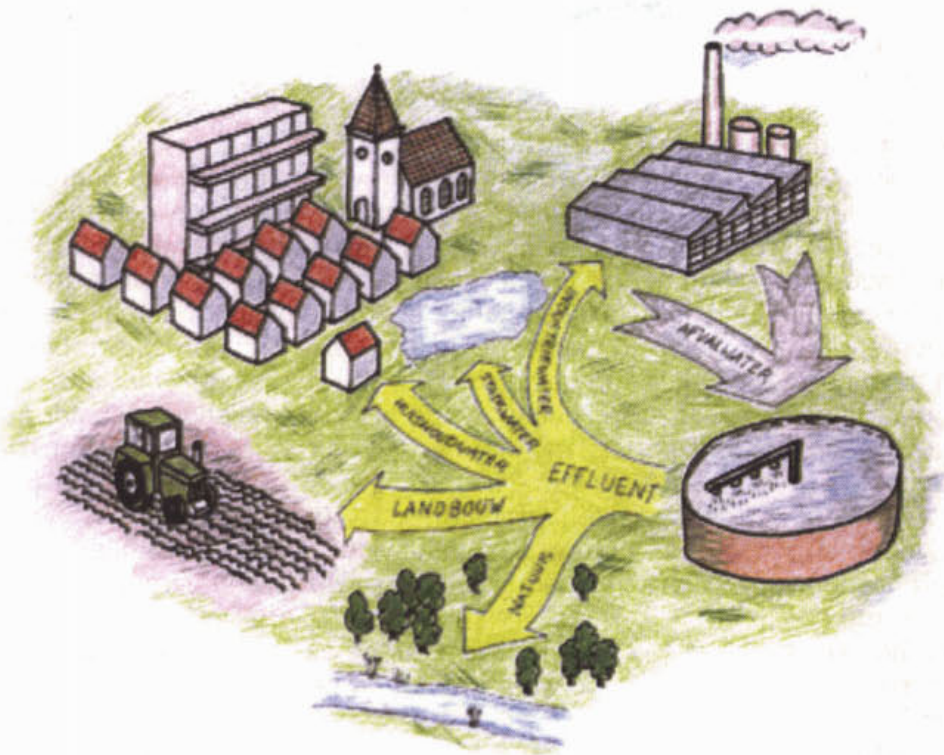
11.9 Stappenplan levering (halffabrikaat drinkwater)

In tabel 20 is een vragenlijst gepresenteerd waarmee de haalbaarheid opwerking van effluent kan worden bepaald. In hoofdstuk 6 is het bijbehorende stappenplan weergegeven waarnaar de nummers in de eerste kolom verwijzen.

Tabel 20 Wegwijzer beoordeling haalbaarheid bereiding industriewater uit effluent

Stap	Vraagstelling	Verwijzing Compendium
1	IN KAART BRENGEN ACTOREN BIJ LEVERING (HALFFABRIKAAT) DRINKWATER	
	Welke actoren zijn betrokken (overheid, afnemers, toeleveranciers, intermediairs, concurrenten, publieksgroepen)?	5.2,
	Wat is het belang/houding/ervaring van actoren t.o.v. effluentgebruik?	5.3, 11.2, 11.2.1
	Hoe beïnvloed ik het draagvlak bij actoren?	11.8
2	MATCHEN VAN KWALITEIT + KWANTITEIT	
	Welke kwaliteit gewenst (normen, kritische componenten)?	11.3, bijlage III-1/2
	Welke hoeveelheid wordt wanneer gewenst?	11.2
	Welke kwaliteit heeft de bron?	2.3, 2.4, 5.4.6
	Welke technieken zijn beschikbaar?	bijlage I-1
	Welke processen zijn gangbaar en toepasbaar?	11.4
	Welke risico's zijn er voor de volksgezondheid en voor ecosystemen?	11.5, bijlage I-2, 5.7
3	BEPALEN VAN TRANSPORTMAATREGELEN	
	Waar wordt het water gevraagd?	Situatie specifiek
	Waar ligt de rwzi?	Situatie specifiek
	Wat is de transportroute en zijn er hindernissen?	Situatie specifiek
	Welke capaciteit wordt wanneer geleverd en	Situatie specifiek
	Welke leidingdiameter(s) en materialen moeten worden toegepast?	Situatie specifiek
4	BEPALEN VAN KOSTEN	
	Welke investering brengt de zuivering met zich mee?	5.8.1
	Welke kostprijs is er per techniek?	5.8.3, bijlage I-3
	Welke investeringen brengt het transport met zich mee?	bijlage I-3
	Welke kostprijs is er globaal verbonden aan transport	bijlage I-3
	Wat zijn de te hanteren afschrijvingstermijnen?	5.8.1
	Welke methodiek hanteer ik om alternatieven op kosten te vergelijken?	Niet in compendium
	Hoe verwerk ik risico's in het kostenplaatje?	5.8.1, 5.8.3, bijlage I-3
	Hoe ga ik om met kosten in het voortraject?	5.8.1, 5.8.3
	Hoe ga ik om met overheadkosten?	bijlage I-3
	Welke kosten zijn er m.b.t. procesvoering?	bijlage I-3
	Hoe kom ik erachter welke subsidieregelingen er van toepassing zijn?	5.8.2
	Welke baten worden er gegenereerd?	5.8.1
5	OVERIGE ASPECTEN	
	Welke leveringszekerheid is gewenst en kan ik leveren?	5.4.5, 11.6, bijlage I-4
	Welke aanvullende diensten zijn gewenst en kan ik leveren (advies, onderhoud installaties etc.)?	Niet opgenomen in compendium
	Welke organisatievormen zijn gewenst/ mogelijk?	5.5
	Welke milieuaspecten zijn van belang?	5.6, 11.7, bijlage I-5

DEEL 3 EVALUATIE EN BRONVERMELDING VAN DE VERZAMELDE INFORMATIE



12 EVALUATIE

De in het kader van dit compendium verzamelde kennis, praktijkervaringen en inzichten op het gebied van effluentgebruik in Nederland worden in dit hoofdstuk nader beschouwd. Op basis van deze informatie zijn de invloedsfactoren voor effluentgebruik afgeleid en is het toekomstperspectief geschetst. Daarnaast zijn een aantal aanbevelingen voor onderzoek, verdergaande kennisontwikkeling, samenwerking in de waterketen en communicatie uitgewerkt.

12.1 Mogelijkheden van gebruik van rwzi-effluent

Het huidige overheidsbeleid is gericht op het terugdringen van de grondwateronttrekkingen en de reductie van het gebruik van grond- en drinkwater in huishoudens en bij de industrie. Het streven is grondwater in te zetten voor drinkwater en voor overige toepassingen 'ander water' te gebruiken. De belangrijkste 'ander water' bronnen zijn oppervlaktewater, regenwater, brak grondwater en/of oeverfiltraat. Echter op grond van kwaliteitskenmerken en ruime beschikbaarheid kan rwzi-effluent ook als bron fungeren. Bij een afweging tussen de verschillende bronnen spelen beschikbaarheid en kwaliteit een belangrijke rol. Het is van belang dat continu voldoende water met een constante kwaliteit beschikbaar is. Daarnaast is de ligging van de bron een belangrijke factor aangezien dit direct van invloed is op de transportafstand en de daaraan verbonden kosten. De volgende voordelen zijn te noemen voor het gebruik van effluent:

- er kunnen kwalitatieve voordelen zijn ten opzichte van andere bronnen;
- indien nazuivering op het terrein van de rwzi plaatsvindt, zijn de ondersteunende faciliteiten voor de verdere opwerking van effluent reeds aanwezig (infrastructuur, slibverwerking, chemicaliënopslag);
- meestal is op het rwzi-terrein ruimte beschikbaar voor de aanleg van de nazuivering, zodat het tijdrovende traject van grondverwerving en aanschaf en het verkrijgen van vergunningen kan worden omzeild;
- de meeste rwzi's zijn veelal in de periferie van stedelijk gebied gelegen, nabij industrieterreinen, waarbij een logistiek voordeel aanwezig is voor industriewaterlevering.

In principe kan effluent gebruikt worden voor elke toepassing waar nu drinkwater, grondwater of oppervlaktewater gebruikt wordt. Hiervoor moet voldaan worden aan de (al dan niet wettelijke) kwalitatieve eisen die voor een bepaalde toepassing zijn vastgesteld. Om aan deze eisen te voldoen is nabehandeling van het effluent in één of meerdere zuiveringsstappen nodig. In tabel 21 zijn de verschillende mogelijkheden voor het gebruik van rwzi-effluent beschreven.

Tabel 21 Mogelijke toepassingen bij rwzi-effluent als waterbron

Toepassing	Proces	Afnemers/gebruikers
Industriewater	proces- of spoelwater, koelwater, ketelvoedingswater	industrie
Landbouwwater	gietwater, drenkingswater, irrigatie	tuinbouw, veeteelt, akkerbouw
Huishoudwater	toiletspoelen, wassen (kleren, auto), sproeien	huishoudens (met tussenkomst van waterleidingbedrijf)
Bluswater	brandbestrijding	gemeente, brandweer
Natuur- en recreatiewater	zwemmen, vissen, varen, suppletie oppervlaktewater	waterbeheerder
Stadswater	peilbeheersing, esthetische functie, beregening	gemeenten, beheerders van parken, golfbanen en sportvelden
Infiltratiewater en (half)fabrikaat drinkwater	Infiltreren (grondwatersuppletie), consumeren	waterleidingbedrijf, consumenten, industrie

12.2 Effluentgebruik in Nederland

12.2.1 Algemeen

Om een duidelijk inzicht in de stand van zaken omtrent het gebruik van rwzi-effluent in Nederland te verkrijgen zijn de waterschappen met een zuiveringstaak geïnterviewd (peiljaar 2000). Daarnaast zijn enkele ingenieurbureaus benaderd die betrokken zijn (geweest) bij projecten op het gebied van effluentgebruik. Hierna zijn de resultaten van deze inventarisatie per toepassing samengevat. Voor de evaluatie van de resultaten van de inventarisatie is een onderscheid gemaakt tussen de initiatieffase en daadwerkelijke uitvoering van praktijkonderzoek of full-scale toepassing (respectievelijk in paragraaf 12.2.7 en 12.2.8).

12.2.2 Industriewater

Er is duidelijk potentie om effluent toe te passen als bron voor industriewater. De mogelijkheden worden vooral bepaald door de afstand van de rwzi tot de klant.

Hergebruik van gezuiverd afvalwater vindt plaats in diverse industriële branches. Het gezuiverde afvalwater is veelal afkomstig uit de 'eigen' zuiveringsinstallatie of is beschikbaar via cascadering of doorlevering vanuit nabijgelegen bedrijven. Het gaat hierbij veelal om biologisch gezuiverd afvalwater dat voor zowel laagwaardige (o.a. koelwater, spoel- en waswater) als voor hoogwaardige (ketelvoedingswater) toepassingen wordt aangewend. In Nederland zijn enkele praktijktoepassingen bekend met industriewater bereid uit rwzi-effluent. De technieken die voor de opwerking van effluent worden toegepast lopen uiteen van zandfiltratie tot diverse vormen van membraanfiltratie (MF, UF, NF, RO). Voor toepassing als industriewater zijn de eisen die de processen aan het water stellen van belang en de eisen waaraan de (industriële) producten moeten voldoen (dit laatste met name als het water in contact komt met het primaire product). Dit leidt tot de volgende aandachtspunten:

- Bij hoogwaardige toepassingen van het water is een uitgebreide zuivering nodig bestaande uit meerdere stappen. De continuïteit en zekerheid van de waterlevering, zowel in kwalitatief als kwantitatief opzicht, is veelal van vitaal belang voor de industriële toepassingen. Dit vergt betrouwbare en robuuste installaties voor de opwerking van effluent.
- De baten van de toepassing van effluent als alternatieve waterbron nemen toe naarmate de waterkwaliteit van het eindproduct na opwerking toeneemt. Bij vervanging van drinkwater of bij verdere kwaliteitsverbetering voor de vervanging van ketelvoedingswater, zijn de baten het grootst (zie paragraaf 12.3.3 financiële aspecten).
- In vergelijking met andere bronnen (grondwater, oppervlaktewater) is de hygiënische kwaliteit slechter, waardoor de inspanning die geleverd moet worden om hygiënisch betrouwbaar water te maken groter is. Dit betekent een uitgebreidere zuivering, waarmee ook de kosten hoger zullen zijn. Hier zullen doorslaggevende voordelen tegen over moeten staan zoals substantiële kostenbesparingen en logistieke voordelen.

12.2.3 Huishoudwater

De bereiding van huishoudwater uit effluent wordt in Nederland niet op grote schaal toegepast. De belangrijkste redenen hiervoor zijn het risico voor de volksgezondheid en onvoldoende kennis en inzicht in hygiëne en desinfectie van effluent. Hierdoor bestaat voor deze toepassing een geringe maatschappelijke acceptatie. De manier waarop met de hygiënische aspecten wordt omgegaan is van belang voor de haalbaarheid van huishoudwaterprojecten. Indien vergaand wordt gezuiverd, en daarmee het risico voor de gezondheid sterk wordt gereduceerd, zullen de zuiveringskosten aanzienlijk hoger zijn dan bij een minder vergaande zuivering. Daarnaast speelt de aanwezigheid van andere bronnen die een lager risico inhouden een belangrijke rol. Voor toepassing van effluent als huishoudwater vormt de aanwezigheid van pathogene micro-organismen derhalve een belangrijk aandachtspunt.

12.2.4 Landbouwwater

Effluent als landbouwwater wordt op een aantal Waddeneilanden gebruikt om het waterpeil in landbouwgebieden in droge perioden te handhaven. De aanvullende zuivering bestaat hierbij veelal uit een helofytenfilter. Het hangt sterk af van de exacte toepassing welke kwaliteit wordt gewenst. Door de bedrijfstak zijn per toepassing normen en richtlijnen geformuleerd. Voor toepassing van effluent als gietwater is met name de verwijdering van zouten en pathogene micro-organismen een belangrijk aandachtspunt. Voor toepassing als veedrenkwater is alleen de verwijdering van pathogene micro-organismen van belang. Effluent moet tegen zeer lage kosten ($< f 0,50$ per m^3) aan de landbouw geleverd kunnen worden wil het prijstechnisch concurrerend zijn met het alternatief bestaande uit de eigen grondwaterwinning en/of oppervlaktewater. Tenzij het onttrekken van grondwater en het gebruik van drinkwater in de landbouw in de toekomst wordt belast (ECOtax), lijkt het toepassen van effluent in de landbouw financieel niet haalbaar.

12.2.5 Stads, natuur- en recreatiewater

Effluent wordt in Nederland op grote schaal in de praktijk toegepast als natuur- en recreatiewater. In een aantal gevallen waarin sprake is van direct contact met de gebruikers (recreanten) met het water vindt een desinfectie van het effluent plaats. De toegepaste technieken zijn chlorering of UV-desinfectie. Voor toepassing van effluent als natuurwater worden de kwaliteitseisen bepaald door het aanwezige ecotoop. Over het algemeen is de verwijdering van nutriënten, zouten en organische stof een belangrijk aandachtspunt. De richtwaarden voor de productkwaliteit zijn vastgelegd middels MTR-waarden in de vierde nota Waterhuishouding. Voor toepassing van effluent als recreatiewater vormt de aanwezigheid van pathogene micro-organismen het belangrijkste aandachtspunt, gezien vanuit het oogpunt van beheersing van de risico's van de volksgezondheid. Over het algemeen zal het aanwezige water in bestaande en te ontwikkelen natuur- en recreatiegebieden gratis beschikbaar zijn. Om effluent geschikt te maken als natuur- en recreatiewater zullen extra kosten moeten worden gemaakt, veelal staan hier geen directe baten tegenover.

12.2.6 Halffabrikaat drinkwater

Effluent wordt in België wel en in Nederland niet toegepast als grondstof voor de drinkwatervoorziening. De aanwezigheid van voldoende alternatieve bronnen en de risico's voor de volksgezondheid zijn de belangrijkste redenen. Voor toepassing van halffabrikaat drinkwater, uitgaande van de opwerking van effluent en vervolgens infiltratie voor de aanvulling van grondwater, zijn de volgende factoren bepalend:

- normstelling Infiltratiebesluit;
- achtergrondkwaliteit van het aanwezige grondwater;
- eisen aan de bronkwaliteit in het Waterleidingbesluit;
- risico's voor de volksgezondheid.

12.2.7 Organisatie van initiatieven

Hoewel rwzi-effluent in voldoende mate en, ten gevolge van de strengere regelgeving, van steeds betere kwaliteit is, dient in Nederland effluent tot nu toe niet of nauwelijks als bron voor de watervoorziening. De belangrijkste conclusies uit vraaggesprekken met de waterschappen over de mogelijkheden tot gebruik van effluent zijn:

- Het merendeel van de waterschappen heeft geen gericht beleid geformuleerd als het gaat om het gebruik van effluent.
- Over het algemeen wordt de potentiële markt voor de afzet van effluent door de waterschappen (nog) niet geïnventariseerd of benaderd. Indien geïnteresseerde afnemers zich aandienen, zijn waterschappen bereid de mogelijkheden van effluentgebruik te onderzoeken.
- Enkele waterschappen hebben een samenwerkingsverband, BV of convenant opgericht waarbij activiteiten op het gebied van effluentgebruik worden uitgevoerd.

Uit de haalbaarheidsstudies komt naar voren dat effluent niet als bron voor de watervoorziening wordt gekozen als er een andere bron (veelal oppervlaktewater) voorhanden is. In situaties waarbij effluent een gelijkwaardig alternatief vormt voor oppervlaktewater speelt het ontbreken van draagvlak voor de inzet van effluent een rol, waardoor deze optie niet nader in de besluitvorming wordt meegenomen (dit aspect is nader uitgewerkt in paragraaf 12.4).

12.2.8 Praktijkonderzoek en full-scale toepassingen

De praktijkonderzoeken die in Nederland zijn uitgevoerd zijn gericht op vlokingsfiltratie, membraanfiltratie, continue zandfiltratie, UV-desinfectie, actief kool en helofytenfilters. Uit de uitgevoerde pilotonderzoeken komt naar voren dat het technisch mogelijk is effluent te zuiveren tot iedere gewenste kwaliteit. De afweging en keuze wordt uiteindelijk gemaakt op basis van kosten en mate van milieubelasting. Bij de toepassing van membraanfiltratie is het van belang het effluent te karakteriseren in relatie tot de membraanvervuiling, zodat op voorhand een keuze gemaakt kan worden voor het membraantype en de wijze van voorzuivering en/of fysische of chemische reiniging van de membranen. Daarnaast is het voor een effectieve inzet van effluent nodig inzicht te verkrijgen in de biologische stabiliteit en nagroeipotentie van het nagezuiverde effluent. Tot slot is meer inzicht vereist in de verwijderingscapaciteit voor pathogene organismen in de specifieke toepassingen op effluent. De praktijktoepassingen van effluent zijn over het algemeen toepassingen op kleine tot middelgrote schaal ($< 100 \text{ m}^3/\text{h}$). De toegepaste technieken zijn over het algemeen eenvoudig (helofytenfilters), de normen voor deze toepassingen zijn niet zeer streng en zijn van toepassing op een beperkt aantal parameters. Bij de meeste toepassingen wordt geen strenge kwaliteitscontrole uitgevoerd. Bij incidentele overschrijding van de normen zijn er namelijk geen directe risico's voor mens en milieu. Bij enkele praktijktoepassingen wordt gezuiverd met geavanceerdere technieken (membraanfiltratie, ionenwisseling).

12.2.9 Overige aandachtspunten

- Bij kleinschalig gebruik van effluent drukken de algemene kosten zwaar op de prijs per m^3 . Projecten waarbij hergebruik van effluent wordt toegepast, of in ruimere zin: 'ander water'-projecten, worden pas economisch haalbaar bij grootschalige levering. Het is daarom zinvol de mogelijkheden tot clustering of 'centrale levering' te onderzoeken.
- Voor vrijwel alle toepassingen (halffabrikaat voor drinkwater, huishoud-, industrie-, natuur- en recreatiewater) is nazuivering van effluent nodig. De meest genoemde zuiveringsopzetten bestaan uit één of meerdere filtratiestappen (snelfiltratie, membraanfiltratie, actief kool) en een desinfectiestap.
- Als normen niet (industriewater) of nog niet (huishoudwater) wettelijk zijn vastgelegd, valt of staat de haalbaarheid van de effluentgebruikprojecten met de door de gebruiker gedefinieerde normen. Zeer strenge normen leiden veelal tot een uitgebreide zuiveringsopzet met navenante hoge zuiveringskosten.
- Bij het meten van de milieueffecten dient vooraf een duidelijke afbakening te worden gemaakt van plaats, tijd en de onderlinge weging van milieueffecten. Van belang is welke tijdshorizon gehanteerd wordt en of lokale of globale milieu-effecten worden beoordeeld of beide.
- Inzicht in de prijsontwikkeling van drinkwater is van belang om te komen tot een economische afweging tussen drinkwater en 'ander water' uit rwzi-effluent. Al zijn de kosten van drinkwater aanvankelijk lager dan voor 'ander water', dan kan, indien de kosten van drinkwater netto meer stijgen dan de kosten voor 'ander water', een langetermijnafweging alsnog in het voordeel van 'ander water' uitvallen.

12.3 Invloedsfactoren bij gebruik van effluent

De invloedsfactoren die een rol spelen bij het gebruik van effluent zijn opgedeeld in technische, organisatorische en financiële aspecten. Op basis van een analyse van de invloedsfactoren is een toekomstperspectief voor het gebruik van effluent als bron geschetst.

12.3.1 Organisatorische aspecten

Projecten op het gebied van effluent als waterbron vereisen een bijzondere organisatie, aangezien er verschillende partijen bij betrokken zijn en dus vele belangen een rol spelen. Bij de levering van 'ander water' uit effluent vormt het Waterschap of Zuiveringsschap als leverancier van effluent altijd een partij. De manier waarop het Waterschap/Zuiveringsschap en andere partijen bij deze projecten betrokken zijn aangaande de beslissingsmacht en bevoegdheid, de financiering en de risicospreiding, hangt af van de gekozen organisatievorm.

Om een succesvolle implementatie te garanderen dient in een vroeg stadium inzicht te worden gegenereerd in de belangen en houding van de betrokken actoren bij effluentgebruik. Daarnaast is het van belang dat het gebruik van effluent bij de actoren acceptabel wordt gemaakt.

12.3.2 Technische aspecten

De keuze voor de optimale zuivering en de optimale organisatie van de levering wordt naast normen voor de kwaliteit, het streven naar minimale milieu-effecten en kosten bepaald door diverse procestechnische aspecten. Belangrijke aandachtspunten zijn:

- De kwaliteit van het effluent en de eisen die voor de toepassing worden gesteld. Het is van belang om in een vroeg stadium te beoordelen of de kwaliteit van vraag en aanbod overeenkomen en welke (zuiverings) maatregelen nodig zijn om deze overeen te laten stemmen. De eisen die worden gesteld aan de waterkwaliteit van het (gezuiverde) effluent verschillen sterk per toepassing en zijn voor sommige toepassingen nog niet uitgekristalliseerd (o.a. huishoudwater).
- Zuivering van het effluent. Hiervoor bestaan verschillende zuiveringstechnieken. Om tot een product te komen dat voldoet aan de gestelde eisen, is het van belang een kwalitatieve afweging te maken tussen vraag en aanbod. Aan de hand van de parameters die hieruit als kritiek naar voren komen dient een keuze gemaakt te worden voor de toe te passen zuiveringstechniek(en).
- Neveneffecten die voortkomen uit het sluiten van de watervoorzieningskringloop. Bij huishoudelijk en industrieel watergebruik en gebruik als gietwater worden zouten en andere niet of slecht afbreekbare componenten aan het water toegevoegd. In een rwzi worden deze opgeloste stoffen niet verwijderd uit het water. Uiteindelijk resulteert dit in een verhoogde concentratie van deze stoffen. Indien deze concentratie te hoog wordt, moet rekening gehouden worden met aanvullende maatregelen, zoals het toepassen van ontzouting of mogelijkheden tot verdunning.
- Nagroeipotentie. Bij gebruik van effluent is één van de belangrijkste uitgangspunten bij het vaststellen van de kwaliteit het voorkomen van verstopping, nagroei en aantasting in het transport- en distributiestelsel. Deze processen worden in hoofdzaak veroorzaakt door biologische activiteit die ontstaat als gevolg van de aanwezigheid van opgeloste voedingsstoffen in het nagezuiverde effluent. In hoeverre deze aanwezig zijn hangt af van de toegepaste zuivering. Als het effluent bijvoorbeeld wordt nagezuiverd met vlokkingfiltratie en ultrafiltratie, wordt vergaande verwijdering van gesuspendeerde en colloïdale deeltjes bereikt. Bij vlokkingfiltratie worden tevens opgeloste stoffen zoals ammonium, fosfor en organische verbindingen verwijderd. Het ultrafiltratiemembraan is een absolute barrière voor bacteriën en virussen; opgeloste stoffen worden echter niet verwijderd.
- Leveringszekerheid. Indien effluent wordt ingezet als bron voor de watervoorziening, is het van belang een bepaalde leveringszekerheid te garanderen. Hiermee dient reeds bij het maken van het ontwerp van het leveringsplan (zuivering, transport en distributie) rekening te worden gehouden.

12.3.3 Financiële aspecten

Afgezien van de inkomsten door verkoop van het product en de gerealiseerde besparing op het oorspronkelijk toegepaste water, levert de levering van 'ander water' een aantal baten op. Bijvoorbeeld een eenmalige subsidies in het kader van stimuleringsmaatregelen gericht op technische innovatie en duurzaam gebruik van water en energie. Ook is het mogelijk dat structurele baten worden gegenereerd door het uitsparen van lozingskosten van effluent. De hoogte van de baten is locatiespecifiek. Naast de bovengenoemde in geld uit te drukken baten kunnen er ook (nog) niet in geld uit te drukken baten zijn, zoals een toegenomen belevings- of natuurwaarde van een gebied als gevolg van een verbeterde waterkwaliteit.

Het referentie- of afwegingskader van de afnemer bestaat uit de beschikbare alternatieven zoals rechtstreeks gewonnen grondwater of drinkwater.

Voor de kostprijs van 'ander water' geldt globaal het volgende plafond:

- f 0,60 - f 1,00 indien grondwater wordt gebruikt ($> 10 \text{ m}^3/\text{h}$). Door een toename in de rijksbelasting en provinciale heffingen (2001) zal f 0,40/m³ van de kosten van een eigen grondwaterwinning en -behandeling door belastingen (potentiële baten) worden gevormd.
- f 1,50 - f 4,00 indien drinkwater wordt ingezet. De prijs die bedrijven voor het afgenomen drinkwater betalen varieert per waterleidingbedrijf en per omvang van de levering.

De toekomstige ontwikkeling van de kostprijs voor grondwater en/of drinkwater bepaald in sterke mate de economische haalbaarheid van 'ander water' levering bereid uit effluent. De belangrijkste factoren die deze prijsontwikkeling bepalen zijn uitgewerkt in paragraaf 12.3.4. Voor het bepalen van de economische haalbaarheid van levering van natuurwater en stadswater uit effluent is het van belang of de baten in de vorm van een toegenomen belevings- en natuurwaarde opwegen tegen de kosten van de extra zuivering van effluent.

12.3.4 Toekomstperspectief

Als gevolg van verdergaande industrialisatie en verstedelijking op mondiaal niveau zal in de loop van deze eeuw het watertekort in met name grote dichtbevolkte stedelijke gebieden snel toenemen. De verwachting is dat het meerdere malen gebruiken van (drink)water ofwel hergebruik van gezuiverd afvalwater, een structurele oplossing biedt voor dit probleem. Het tempo van deze ontwikkeling zal in hoofdlijnen worden bepaald door gericht overheidsbeleid, technologische en technische innovaties en de kosten. In diverse geïndustrialiseerde landen is reeds een start gemaakt met de grootschalige toepassing van gebruik van gezuiverd afvalwater als bron voor de watervoorziening. De belangrijkste succesfactoren voor de inzet van gezuiverd afvalwater als bron voor de watervoorziening zijn naast waterschaarste en daarmee hogere kostprijs voor water, een sterke verbetering van de effluentkwaliteit in combinatie met een voortschrijdende ontwikkeling van technieken voor effluentbehandeling.

Door de toenemende verstedelijking in Nederland en de verdrogingsproblematiek, vooral in het oosten en zuiden van Nederland, zullen op middellange- en lange termijn in diverse gebieden in Nederland watertekorten ontstaan. Deze ontwikkeling is reeds verweven in het huidige overheidsbeleid voor de toekomstige drink- en industriewatervoorziening. Belangrijk element van dit beleid is het streven naar 'duurzaam' gebruik van de aanwezige grondwatervoorraad waarbij de onttrekking van grondwater voor laagwaardige toepassingen in niet-drinkwatertoepassingen wordt teruggedrongen. Daarnaast wordt waterbesparing in de industrie gestimuleerd door gerichte subsidies voor procesgeïntegreerde maatregelen en sluiting van de industriële waterkringloop.

De levering van 'ander water', waarbij gezuiverd afvalwater als kansrijke bron kan worden beschouwd, is een direct gevolg van het eerdergenoemde overheidsbeleid. Ondanks de voordelen die verbonden zijn aan hergebruik van rwzi-effluent ten opzichte van andere waterbronnen zoals oppervlaktewater, oeverfiltraat en regenwater, is het aantal praktijktoepassingen beperkt. Hierbij betreft het voornamelijk projecten waarbij via een eenvoudige nabehandeling en/of desinfectie

natuur- en recreatiewater wordt geproduceerd en industriewater voor laagwaardige toepassingen (waswater). In één praktijktoepassing wordt het effluent opgewerkt tot ketelvoedingswater (rwzi De Drie Ambachten). Op grond van de uitgevoerde globale verkenning zijn toepassingmogelijkheden afgeleid. Om echter deze toepassingen daadwerkelijk op middellange termijn mogelijk te maken zal het draagvlak voor effluentgebruik moeten worden beschouwd vanuit een objectief perspectief. Hiervoor is in hoofdstuk 4 van dit compendium een stappenplan voor effluentgebruik uitgewerkt. Aan de hand van dit stappenplan is het mogelijk om de marktpotentie en de haalbaarheid van effluentgebruik in beeld te brengen.

Door voortschrijdende kennisontwikkeling zal het inzicht in de toepassingsmogelijkheden van rwzi-effluent toenemen waardoor het aantal initiatieven zal toenemen. Technologische en technische innovaties leiden tot verbreding van de toepassing en lagere kosten. Het draagvlak zal verder toenemen bij gericht overheidsbeleid en intensivering van de samenwerking van de actoren in de waterketen. Belangrijke succesfactor hierbij is een goede communicatie tussen alle betrokkenen, zowel producenten, consumenten als de overheid.

Gebruik van effluent bevindt zich in Nederland nog grotendeels in studie en onderzoeksfase. Kenmerkend voor deze fase is kennisontwikkeling en technische en technologische innovatie. Het praktijkonderzoek richt zich op optimalisatie en ontwikkeling van zowel conventionele als moderne filtratietechnieken. Continuering of zelfs intensivering van het onderzoek zal leiden tot de ontwikkeling van goedkopere, betrouwbare technieken voor effluentopwerking. Uit financieel perspectief beschouwd zal hierdoor de 'concurrentiekracht' van rwzi-effluent ten opzichte van andere bronnen voor 'ander water' levering toenemen. Daarnaast kunnen beleidswijzigingen gericht op een verdere verbetering van de effluentkwaliteit leiden tot een doorbraak in praktijktoepassingen. Immers, wanneer de huidige MTR-waarden uit de vierde nota waterhuishouding richtinggevend zijn voor de verbetering van de effluentkwaliteit op middellange termijn ontstaat een waterproduct dat vrijwel direct toepasbaar is voor laagwaardig gebruik en geschikt is voor een kosteneffectieve opwerking tot een hoogwaardig toepassing (o.a. demiwater, infiltratiewater, halffabriek drinkwater).

12.4 Resumé

Resumerend zijn de volgende factoren op de middellange termijn (2005-2020) richtinggevend voor de ontwikkeling van het gebruik van rwzi-effluent als bron voor de watervoorziening:

- Op dit moment is de toepassing van effluent als industrie-, natuur, stads en recreatiewater het best haalbaar. Effluent kan zowel financieel als qua maatschappelijke acceptatie voor deze toepassingen concurreren met de alternatieven grondwater en oppervlaktewater.
- Door schaalvergroting en verhoogde efficiëntie, o.a. door toepassing van Informatie & Communicatie Technologie, zullen de operationele kosten van waterleidingbedrijven kunnen dalen en zal de kostprijs van drinkwater kunnen dalen. Door (belasting) maatregelen om schaarste van grondwater te beperken en het hanteren van de ECOTax op levering van drinkwater zullen de kosten van drinkwater en grondwater toenemen (overheidsbeleid gericht op duurzame watervoorziening). De verwachting is dat de huidige jaarlijkse prijsstijging van drinkwater zal doorzetten (2 – 5 procent per jaar). Bij een stijgende kostprijs voor drink- en grondwater zullen de baten bij de toepassing van alternatieve waterbronnen stijgen.
- Door beëindiging van vergunningen om (grootschalig) grondwater te onttrekken zal naar alternatieve bronnen moeten worden gezocht voor drinkwater en industriewater.
- Door de verwachte vrije marktwerking in de drinkwatersector wordt nu reeds door waterleidingbedrijven gezocht naar concurrerende prijsstellingen voor 'ander water' leveringen. Er wordt daarbij naar diverse bronnen gekeken, waaronder in toenemende mate ook rwzi-effluent.
- Geavanceerde zuiveringstechnieken die nu nog kostbaar zijn, kunnen in de toekomst door technische ontwikkelingen en grootschalige productie en toepassing, goedkoper worden. Membraanfiltratie, ionenwisseling en electrodialyse zijn hiervan een voorbeeld.

- Strengere effluenteisen en verdere kwaliteitsverbetering. Wanneer de huidige MTR-waarden uit de vierde nota waterhuishouding richtinggevend zijn voor de verbetering van de effluentkwaliteit op middellange termijn, ontstaat een waterproduct dat vrijwel direct toepasbaar is voor laagwaardig gebruik en geschikt is voor een kosteneffectieve opwerking tot een hoogwaardig product (o.a. demiwater, infiltratiewater, halffabrikaat drinkwater). Als daarnaast op middellange termijn de toepassing van MembraanBioreactoren voor de zuivering van rwzi-effluent doorzet, zal het effluent van een zodanige kwaliteit zijn dat gebruik van effluent aantrekkelijk wordt.

12.5 Aandachtspunten

Op basis van de inventarisatie van de huidige activiteiten om effluent als bron te benutten zijn een aantal aandachtspunten geformuleerd. Deze aandachtspunten zijn uit te splitsen in behoefte aan nader onderzoek en kennisontwikkeling en in aspecten die verband houden met samenwerking in de waterketen en communicatie.

12.5.1 Onderzoek en kennisontwikkeling

- Verwijdering van pathogene micro-organismen. Voor diverse gebruikstoepassingen is een verbeterd inzicht in de hygiënische kwaliteit van effluent voor en na opwerking via diverse conventionele zuiveringstechnieken gewenst. Hoewel wereldwijd reeds veel onderzoek hiernaar is uitgevoerd, is in Nederland de informatie uit praktijkonderzoek en -toepassingen beperkt.
- Nagroeipotentie. Bij laagwaardige toepassingen waarbij bij de effluentopwerking geen verdergaande verwijdering van opgeloste nutriënten en organische componenten heeft plaatsgevonden (N, P, AOC) bestaat het risico op optreden van nagroei in het distributiestelsel of bij opslag. Dat rwzi-effluent een hoge nagroeipotentie heeft, ook na filtratie gericht op vergaande verwijdering van gesuspendeerde stoffen, is evident. Praktijkonderzoek waarbij de nagroeipotentie is gekwantificeerd en de effectiviteit van diverse opwerkingstechnieken inzichtelijk is gemaakt, is in Nederland echter niet beschikbaar. In het buitenland, met name in de VS, wordt voor de bestrijding van nagroei veelal chloor gedoseerd. De toepassing van chloor in grote hoeveelheden wordt bij de Nederlandse waterbehandeling uit milieutechnisch oogpunt, niet wenselijk geacht.
- Ontwerp- en kostenoptimalisatie van conventionele filtratietechnieken (o.a. coagulatie/snelfiltratie en vlokingsfiltratie) in de specifieke toepassing op effluent. Met deze technieken is een forse kwaliteitsverbetering mogelijk tegen relatief lage kosten. Met de grootschalige toepassing van deze technieken neemt de 'gebruikspotentie' van effluent in laagwaardige toepassingen en als voorbehandeling voor hoogwaardige toepassingen toe.
- Verbetering van de werking van membraantechnieken, met name micro- en ultrafiltratie, voor de opwerking van rwzi-effluent. De huidige generatie membraantechnieken is niet specifiek ontwikkeld voor effluentbehandeling. Dit onderzoek wordt reeds uitgevoerd door de Technische Universiteit Delft. Het onderzoek richt zich in hoofdzaak op het voorkomen van membraanvervuiling en optimalisatie van de werking en procesbeheersing.
- Nader onderzoek (deel)ontzouting. Voor hoogwaardig gebruik in zowel industriële als communale toepassingen van het effluent zal (deel)ontzouting moeten plaatsvinden. Hoewel deze technieken reeds vergaand zijn ontwikkeld voor de proces- en drinkwaterbereiding is voor de specifieke toepassing op rwzi-effluent, met name het optreden van biofouling en behandeling van grote volumestromen met relatief lage zoutconcentraties ($EGV < 1000 \mu S/cm$), geen of weinig informatie uit praktijktoepassingen beschikbaar. Daarnaast dient bij de ontzouting tevens de behandeling van concentraatstromen te worden beschouwd.

12.5.2 Samenwerking in de waterketen en communicatie

- Het succes van de inzet van effluent hangt af van de aanwezigheid van voldoende draagvlak. Dit draagvlak kan worden verkregen door in het planstadium samenwerking te zoeken met de diverse actoren en deze actief te betrekken in een open planvormingsproces. Het zoeken van deze samenwerking dient bij voorkeur te geschieden door de bedrijfstak als geheel.
- Het gebruik van effluent als bron van 'ander water' levering dient te worden gezien in het perspectief van de gehele watervoorzieningsketen. Door effluent te reserveren voor levering van ander water zullen elders in de waterketen effecten optreden, zoals reductie van grondwateronttrekking, reductie drinkwaterlevering, vernatting door peilverhoging, verbetering oppervlaktewaterkwaliteit etc.
- Voor inzet van effluent als industriewater verdient het aanbeveling om een verkenning uit te voeren van de marktpotentie en kansen om via clustering leveringen van voldoende omvang te genereren.
- Voor inzet van effluent dient met name in gebieden waar sprake van verdroging is, een verkenning van de potentie als irrigatiewater, landbouwwater en infiltratiewater te worden uitgevoerd. Daarbij dienen de baten in beeld te worden gebracht van toepassen van nagezuiverd effluent.

13 GERAADPLEEGDE BRONNEN

13.1 Literatuur

- [Anderson e.a., 2000] Anderson, J., Adin A., Crook J., Davis C., Hultquist R., Jimenez-Cisneros B. Kennedy W. Sheikh B. van der Merwe B. Climbing the ladder: a step by step approach to international guidelines for water recycling. In WRRR symposium Book 8 3rd international symposium on wastewater, recycling and reuse. Paris, France,
- [Asano, 1998] Asano, T. (editor). Wastewater reclamation and reuse, volume 10.
- [Bakhuizen, 1997] Bakhuizen, H.J. Hergebruik biologisch gereinigd afvalwater in de voedingsmiddelenindustrie. Publicatie in bundel NVA-symposium "Biologisch gezuiverd effluent: grondstof of eindproduct".
- [Bardon Water Systems, 1999] (Internet) Bestrijding legionella, Bardon Water Systems.com.
- [BDIV, 1996] Beleidsplan Drink- en Industriewatervoorziening. Deel 3: Kabinetsstandpunt.
- [Belosevic en Faubert, 1990] Belosevic, M., Faubert, G.M. Animal models for infections with *G. duo-denalis*-type organisms. In: E.A. Meyer (ed). Human parasitic diseases, vol. 3, Giardiasis. Elsevier Sci. Publ. New York: 77-90.
- [Berbee, e.a., 2000] Berbee, R., v.d. Wall, C., Krinkels, H. *Legionella pneumophila*/ aquatic weed., H₂O, 2-2000.
- [Boere, 1999] Boere, J. Meer dan effluent; Toepassing van actieve kool. Publicatie in rapport PAO cursus "Meer dan effluent".
- [Bosman, 1997] Bosman, E. Literatuuronderzoek + hergebruik effluent RWZI Wehl voor verdroogd gebied. Afstudeerbundel TU Delft, Faculteit Civiele Techniek, Sector Waterbeheer, Milieu en Gezondheidstechniek.
- [Casemore, 1985] Casemore, D.P. *Cryptosporidium*/ species a 'new' human pathogen. J. Clin. Pathol., 38:1321-1336.
- [CBS, 1999] Watervoorziening van bedrijven 1996, Centraal bureau voor statistiek, Heerlen.
- [Counotte, 1997] Counotte, G. Veedrenkwater. Controleer veedrenkwater regelmatig op kwaliteit, GD Herkauwer, nr. 9.
- [Crook e.a., 1992] Crook, J., Ammerman, D.K., Okun, D.A., Matthews, R.L. Guidelines for water reuse.
- [CUWVO, 1996] Recirculatie drainagewater van grondgebonden kastuinbouwbedrijven. Commissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewater
- [Davies en Hibler, 1979] Davies, R.R., Hibler, C.P. Animal reservoirs and cross-species transmission of *Giardia*/ In: W. Jakubowski en J.C. Hoff (eds). Waterborne transmission of giardiasis. U EPA. Cincinnati: 104-126.
- [DHV, 1997] DHV Water BV. Levering van ECOwater. Eindrapport 30 juni 1997.

- [Dittrich, J. e.a., 1996] Microfiltration of municipal wastewater for disinfection and advanced phosphorus removal.
- [DLV, 1992] Hergebruik van Drinkwater. Dienst Landbouwworlichting, september 1992
- [Dokkum, Van, e.a., 1998] Van Dokkum, H.P., Hovenkamp-Obbema, I.R.M., Scholten, M.C.Th., Roos, C. Een verkennend onderzoek naar de relatie tussen oppervlaktewaterkwaliteit en de gezondheid van weidevee in Noord-Holland. Publicatie in H₂O nr. 10, 1998.
- [Dijk-Looijaard, 1993] Herziening normen Waterleidingbesluit Kiwa rapport SWO93.340
- [Eisenberg e.a., 2000] Eisenberg D., Soller J. Sakaji R. and Olivieri A. A methodology to evaluate water and wastewater treatment plant reliability. In WRRR symposium Book 8 3rd international symposium on wastewater, recycling and reuse. Paris, France,
- [EG,1980] EG-Drinkwaterrichtlijn 80/778/EEC, 15 july 1980.
- [Epa, 1992] Manual. Guidelines for Water Reuse. Environmental Protection Agency (EPA) USA.
- [Erlandsen e.a., 1988] Erlandsen, S.L., Sherloch, L.A., Januschka, M., Schupp, D.G., Schaeffer III, F.W., Jakubowski, W., Bemrick, W.J. Cross-species transmission of */Giardia/* spp. inoculation of beavers and muskrats with cysts of human, beaver, mouse and muskrat origin. Appl. Environ. Microbiol. 54:2777-2785.
- [Exner en Gornik, 1990] Exner, M., Gornik, V. Cryptosporidiosis. Karakterisierung einer neuen Infektion mit besonderer Berücksichtigung des Wassers als Infektionsquelle. Zbl. Hyg., 190:13-25.
- [Fayer e.a., 1990] Fayer, R., Speer, C.A., Dubey, J.P. General biology of */Cryptosporidium/* In: J.P. Dubey, C.A. Speer en R. Fayer (eds). Cryptosporidiosis of man and animals. CRC Press. Boca Raton: 1-29.
- [Funamizu e.a., 2000] Funamizu N., Lida M., Sakakura Y. Takakuwa T. Reuse of heat energy in wastewater: implementation examples in Japan In WRRR symposium Book 8 3rd international symposium on wastewater, recycling and reuse. Paris, France,
- [Garcia etal, 1997] L. Garcia, E. Rosenblum, J. Newby, F. Grant, D. Lindow. Getting the job done: a resource partnership on the south bay water recycling program.
- [Gibson en Apostolidis, 2000] Gibson H.E., Apostolidis N. Demonstartion, the succesful community acceptance of water recycling. In WRRR symposium Book 8 3rd international symposium on wastewater, recycling and reuse. Paris, France,
- [Graaf, Van der, 1999] Van der Graaf, J.H.J.M. Meer dan effluent; Algemene aspecten. Publicatie in rapport PAO cursus: "Meer dan effluent".
- [Graaf, van der 1995] van der Graaf, J.H.J.M. N50 behandeling van afvalwater I. Bundel TU Delft, Faculteit Civiele Techniek, Sector Waterbeheer, Milieu en Gezondheidstechniek.
- [H₂O11, 2000] Membranen maken van Namibischg afvalwater drinkwater. In H₂O nr 11 jaargang 2000 rubriek thema p. 7.

- [Hermans, 1999] Hermans, P.G.B. Hergebruik effluent RWZI Emmen. Rapport Witteveen-Bos haalbaarheidstudie inzetten Rwwz-effluent (WMD, ZD).
- [Hijnen, 1999] Hijnen, W.A.M., Medema, G.J., Huiting, H., Meijers, R.T. Bereiding van microbiologisch veilig huishoudwater. Concept-rapport VEWIN. Bedrijfstak onderzoek.
- [Hoek, van der, e.a. 1998] van der Hoek, J.P., Dijkman, B.J. Rolls, W., van Dillen, M.R.B. Oppervlaktewaterbedrijf overweegt levering huishoudwater aan IJburg. H₂O 8-1998.
- [Houtte, van, e.a., 1998] Van Houtte, E., Verbauwheide, J., Vanlerberghe, F., De Bruijn, F., Beumer, M. Completing the Water Cycle: Reuse of WWTP Effluent for Drinking-Water, Koksijde, Belgium.
- [Houten, Van, 2000] Van Houten, B. Bestrijding van micro-organismen in water; Iv-Milieu ontwikkelt 'puls sterilisator'. Publicatie in H₂O, nummer 2, 2000.
- [Huisman, e.a. 1996] Huisman, L. Sedimentation and Flotation and Mechanical Filtration. Delft University of Technology.
- [Johnson, 1991] Johnson, Dual distribution systems: the public utility perspective.
- [Kampf, 1997] Kampf, R., Schreijer, M., Toet, S., Verhoeven, J.T.A. Van effluent tot bruikbaar oppervlaktewater. Publicatie in bundel NVA-symposium: "Biologisch gezuiverd effluent: grondstof of eindproduct".
- [Katz, 1997] Katz, S.M., Tennyson, P. Public education is the key to water repurification's success; Publicatie In Proceedings Beneficial Reuse of Water and Biosolids, Water Environment Federation, april 1997, Spanje.
- [Kiwa(a), 1999] Kiwa N.V.. Industriewater: Dagmenu of à la carte? Kwaliteit en kwantiteit voor water in de industrie. Concept 3-02-99.
- [Kiwa(b), 1999] Projectteam Kiwa. Hergebruik effluent AWZI. Hoogvliet als demiwater.
- [Koning, de, 1999] de Koning, J. Meer dan effluent: Verwijdering van zwevende stof. Publicatie in rapport PAO cursus: "Meer dan effluent".
- [Koppers, 1997] Koppers, H.M.M. Rapport Witteveen-Bos. Haalbaarheidsstudie huishoudwater Stadshagen.
- [Kracman e.a., 2000] Kracman B., Martin R. and Sztajnbock P. The Virginia Pipeline. In WRRR symposium Book 8 3rd international symposium on wastewater, recycling and reuse. Paris, France,
- [Krachtwerktuigen, 1992] Onderzoek industrieel waterverbruik, Amersfoort.
- [Kramer, 1998] Kramer, J.F. Onderzoek centrale levering ECOWater Almere. Rapport Witteveen-Bos. Haalbaarheidsonderzoek ECOWaterlevering aan toekomstige woonwijken in Almere (WF).
- [Kramer, 1999] Kramer, J.F. RWZI-effluent als bron voor de levering van ander water. Rapport Witteveen-Bos onderzoek naar de mogelijkheden levering 'ander water' voor de gemeente Tilburg (TWM, Waterschap de Dommel).

- [Kroes, 1997] Kroes, F. Mogelijkheden van hergebruik van effluent op Ameland, deel 1: hoofdrapport, deel 2: waterbalans voor west Ameland. Afstudeerbundel LU Wageningen, Vakgroep Waterkwaliteitsbeheer en Aquatische Oecologie.
- [Lazarova e.a., 2000] Lazarova V., Levine B, Sack J. Cirelli G., Jeffrey P., Muntau H., Brisaud F. and Salgot M. Role of water reuse in enhancement of integrated water management in Europe and Mediterranean countries. In WRRR symposium Book 8 3rd international symposium on wastewater, recycling and reuse. Paris, France,
- [LeChevallier, e.a., 1991] LeChevallier, M.W., Norton, W.D. en Lee, R.G. Occurrence of *Giardia* and *Cryptosporidium* spp. in surface water supplies. Appl. Environ. Microbiol., 57:2610-2616.
- [Madore e.a., 1987] Madore, M.S., Rose, J.B., Gerba, C.P., Arrowood, J.J. en Sterling, C.R. Occurrence of *Cryptosporidium* oocysts in sewage effluents and selected surface water. J. Parasitol., 73:702-705.
- [Medema, 1995] Medema, G.J., Ketelaars, H.A.M. Betekenis van *Cryptosporidium*/ en *Giardia*/ voor de drinkwatervoorziening. Publicatie in H₂O, nummer 23, 1995.
- [Medema, 1996] Medema, G.J., Theunissen, J.J.H. Eliminatie van virussen, *Cryptosporidium*/ en *Giardia*/ door drinkwaterzuiveringsprocessen. RIVM-rapport; 289202016.
- [Medema en Ketelaars, 1995] Medema, G.J., Ketelaars, H.A.M. Betekenis van *Cryptosporidium*/ en *Giardia*/ voor de drinkwatervoorziening, artikel H₂O nr. 23, 1995
- [Meyer e.a., 1997] Meijer, G.A.L., Wagenaar, J.A., De Bree, J., Spoelstra, S.F. Riooloverstorten: risico's voor de gezondheid van melkvee, ID-DLO, rapport 97028.
- [Meinema, 1997] Meinema, K. Zuiveringstechnieken voor vergaande behandeling. Publicatie in bundel NVA-symposium: "Biologisch gezuiverd effluent: grondstof of eindproduct".
- [Mülschlegel en Kragt, 1998] Mülschlegel, J.H.C., Kragt, F.J. Waterwinning en waterverbruik bij doelgroepen. Tevens achtergronddocument van de Nationale Milieuverkenning 1997-2020. RIVM rapport 703717 003.
- [Noordegraaf&Giffen, 1997] Noordegraaf-Hoogeveen, A., Giffen. Effluent als alternatieve bron voor de Efteling. Publicatie in bundel NVA-symposium: "Biologisch gezuiverd effluent: grondstof of eindproduct.
- [Okun, 1997] D.A. Okun, The status of Water Reclamation and Reuse Internationally. For presentation at the Water Environment Federation Specialty Conference on "Beneficial Reuse of Water and Biosolids", Marbella, Spain, april 6, 1997.
- [Pluim, 1997] Pluim, J. Pilotonderzoek naar de toepassing van ultrafiltratie op effluent van rioolwaterzuiveringsinstallaties. Afstudeerbundel TU Delft. Faculteit Civiele Techniek, Sector Waterbeheer, Milieu en Gezondheidstechniek.
- [Putten, Van der, 1997] van der Putten, H. Effluent als waterbron. Publicatie in bundel NVA-symposium: "Biologisch gezuiverd effluent: grondstof of eindproduct.
- [Puijker e.a., 1997] Puijker, L.M., Janssen, H.M.J., Van der Wiele, P.J. Bestrijdingsmiddelen in communaal afvalwater. STOWA-rapport; 97-15. Uitgevoerd door KIWA en ICWS.

- [Rienks, 1995] Rienks, J., Meinema, K. Inventarisatie en evaluatie van technieken voor het polijsten van rwzi-effluent. Publicatie in H₂O, nummer 18, 1995.
- [Rijs, 2001] Rijs, G.B.J., mondelinge informatie.
- [RIVM, 1997] Versteegh, J.F.M., Evers, E.G., Havelaar, A.H. Gezondheidsrisico's en normstelling voor huishoudwater. RIVM-rapport; 289202019. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- [RIVM, 1998] Milieubalans 1998, het Nederlandse milieu verklaard, RIVM, Bilthoven.
- [Rose e.a., 1986] Rose, J.B., Cifirino, A., Madore, M.S., Gerba, C.P., Sterling, C.R., Arrowood, M.J. Detection of Cryptosporidium from wastewater and fresh-water environments. Water Sci. Technol., 18:233-239.
- [Rose, e.a., 1991] Rose, J.B., Gerba, C.P. en Jakubowski, W. Survey of potable water supplies for Cryptosporidium and Giardia. Environ. Sci. Technol., 25: 1393-1400.
- [Ruiters, 1999] Ruiters, C.J.M., de Man, A. Levering op Maat. Publicatie PAO-cursus 1999: "Meer dan effluent". Onderzoek op pilotplantschaal.
- [Scott, 1998] Scott, K. Handbook of Industrial Membranes. Elsevier Advanced Technology, second edition.
- [Smith, e.a., 1991] Smith, H.V., Grimason, A.M., Benton, C. en Parker, J.F.W. The occurrence of Cryptosporidium spp. oocysts in Scottish waters, and the development of a fluorogenic viability assay for individual Cryptosporidium spp. oocysts. Wat. Sci. Technol., 24:532-635.
- [Smith, e.a., 1993] Smith, H.V., Robertson, L.J., Gilmour, R.A., Morris, G.P., Girdwood, R.W.A. en Smith, P.G. The occurrence and viability of Giardia cysts in Scottish raw and final waters. J.IWEM, 7:632-635.
- [Stb220, 1984] Staatblad, publicatie nr. 220 Waterleidingbesluit.
- [Stb140, 1996] Lozingenbesluit Wvo stedelijk afvalwater, staatsblad jaargang 1996, nr.140.
- [Stortelder, 1997] Stortelder, P.B.M. Normstelling in de toekomst. Publicatie in bundel NVA-symposium: "Biologisch gezuiverd effluent: grondstof of eindproduct.
- [STOWA (a), 1996] Hergebruik van gezuiverd afvalwater ten behoeve van verdrogingsbestrijding: verkenning en doorkijk.
- [Stowa (b), 1996] Van Starckenburg, W., Roeleveld, P.J., Rulkens, W.H., Klapwijk, A., Eggels, P.G., Van Tongeren, W.G.J.M. Het zuiveren van stedelijk afvalwater in het licht van duurzame milieuhygiënische ontwikkeling. Stowa-rapport; 96-15. Uitgevoerd door Haskoning i.s.m. LU Wageningen, vakgroep Milieutechnologie en TNO-IMET.
- [STOWA, 1997] Puijker, L.M., Janssen, H.M.J., Van der Wiele, P.J. Bestrijdingsmiddelen in communaal afvalwater. STOWA-rapport; 97-15, uitgevoerd door Kiwa en ICWS.

- [TNO-RIVM, 1992] Wiering, A.C.F., Joziassse, J. (samenstellers). Monografieën informatiesysteem technieken compartiment water. RIVM-rapport; 736101008. Uitgevoerd door RIVM en TNO i.o.v. de directie Bestuurszaken en Afvalstoffen van het Ministerie van VROM.
- [Velde, 1999] van der Velde, R.T. Inventarisatie van gebruiksmogelijkheden van het effluent van de RWZI Etten. Rapport Witteveen□Bos haalbaarheidsstudie inzetten RWZI-effluent als bron voor de watervoorziening (WR&IJ, WG).
- [Verstappen+Wolters,1998] Verstappen-Boerekamp, J.A.M., Wolters, G.M.V.H. Duurzaam watergebruik. Praktijkonderzoek rundvee, schapen en paarden. Publicatie 128, februari 1998.
- [Verstappen+Wolters,1996] Verstappen-Boerekamp, J.A.M., Wolters, G.M.V.H. Waterverbruik schoonspuiten melkstallen, Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, publicatie 114.
- [VEWIN, 1994] Poortema, K.H., Vreeburg, J.H.G. Aanbevelingen voor de leveringszekerheid van drinkwatersystemen. Gereviseerd eindrapport van de Commissie Leveringszekerheid, Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland (VEWIN).
- [VEWIN, 1999] VEWIN. Tarievenoverzicht leidingwater per 1 januari 2000.
- [Volkers, 2000] Volkers-Verboom, L.W. Duurzame bedrijventerreinen en hergebruik van effluent. Voldoende aandacht voor water in Nederland? Afdeling EMP, RIZA Lelystad. Werkdocument 2000.095x. November 2000.
- [Voorhoeve, 1996] Milieugerichte levenscyclus-analyse op functieniveau. Casestudie: LCA van drinkwatersystemen. Reeks achtergrondstudies, P 96-03
- [VROM (b), 1998] Hoofdpijnennotitie: de hoofdpijnen voor een nieuwe Waterleidingwet/Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM).
- [VROM (a), 1998] VROM. Beleidsnotitie "Huishoudwater". RvB 99-09.
- [VROM, 2000] ModelBeheersplan *Legionella*-Preventie in leidingwater.VROM, 2000.
- [Walraven, 1997] Walraven, R. Zwemmen in effluent. Publicatie in bundel NVA-symposium: "Biologisch gezuiverd effluent: grondstof of eindproduct.
- [VEWIN, 1993] VEWIN Aanbevelingen 1993, Rijswijk.
- [Vewin(a), 1998] Waterspiegel, no 2, april 1998. Speciale uitgave van de waterspiegel. VEWIN.
- [Vewin (b), 1998] Waterspiegel no 4, december 1998, VEWIN
- [Weijs, 1997] Weijs, M. Ultrafiltratie van RWZI-effluent; Verkennend onderzoek met een pilotplant. Afstudeerbundel TU Delft, Faculteit Civiele Techniek, Sector Waterbeheer, Milieu en Gezondheidstechniek.
- [Witteveen□Bos, 1997] Koppers, H.M.M., Schouten, P.H. Haalbaarheidsstudie huishoudwater Stadshagen. Rapport i.o.v. Waterleiding Maatschappij Overijssel NV.

- [Witteveen□Bos, 1999] Witteveen□Bos. Benutting van het effluent van RWZI Ede. STOWA rapport 1999 nr. 04: onderzoek op pilotplantschaal; Waterschap Vallei en Eem, Nuon Water; RIZA.
- [Witteveen□Bos(a), 2000] Kramer, J.F. RWZI-effluent als bron voor industriewaterlevering. Rapport Witteveen□Bos haalbaarheidsstudie voor langzame zandfiltratie als nabehandeling voor vlokings- en ultrafiltratie (WV&E, WV, Nuon Water, WMN).
- [Witteveen+Bos(b),2000] Ruijgrok E.C.M. Notitie kosteneffectiviteit van natuur- en milieumaatregelen.
- [Wouters+Schyns, 1999] Wouters, J., Schyns, P. Effluentpolishing op rwzi's Ruurlo en Wehl: een primeur. Publicatie in H₂O, nummer 19, 1999.
- [Wouters, 1999] Wouters, J.W. Meer dan effluent; Nageschakelde stikstofverwijdering. Publicatie in rapport PAO-cursus "Meer dan effluent".
- [Xu e.a., 2000] Xu P., Valette F. Brisaud F. Fazio A. Lazarova V. Technical- Economic Modelling of integrated water management: Wastewater reuse in a French Island. In WRRR symposium Book 8 3rd international symposium on wastewater, recycling and reuse. Paris, France,
- [Young,1997] Ron Young, Ken Thompson, Chris Kinner, Irvine Ranch Water District. Managing water quality objectives in a large reclaimed water distribution system.
- [Zandt, 1999] van der Zandt, H.W.O. Meer dan effluent; Desinfectie. Publicatie in rapport PAO-cursus "Meer dan effluent".
- [4^e nota Waterhuishouding 1999] Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Vierde nota waterhuishouding: regeringsbeslissing.

13.2 Interviews

Door	Waterschap	Telefoon	Contactpersoon	Gesprek vond plaats in
A	Ws Fryslan	058 233 9933	ir. B.A. Bult	maart 2000
B	Hhs van Schieland	010 453 7200	ir. T.M.G. Peeters	februari 2000
C	Ws Groot Salland	038 455 7200	ing. F.A. Brandse	mei 2000
D	Hhs de Stichtse Rijnlanden	030 608 2900	ir. C.A. Uijterlinde	maart 2000
E	Hhs van de Uitwaterende Sluizen	0299 391 391	ir. R.M.W. Schemen	mei 2000
F	Ws Regge en Dinkel	0546 832 525	ing. H.J. Ellenbroek	april 2000
G	Hhs van Delfland	015 2608108	ir. M.M.A. Bentvelsen	februari 2000
H	Hhs van Rijnland	071 516 8268	ing. G.A.P. van Geest	mei 2000
I	DWR	020 460 2100	ing. R. Neef	februari 2000
J	GTD namens Oost-Brabant	0411 618 555	ing. V.W.M. Claessen	mei 2000
K	Ws Rijn en IJssel	0314 369 369	E.J.A. Hanzens	mei 2000
L	Zs Limburg	0475 394 444	ir. A.W.A. de Man	maart 2000
M	Ws Zeeuwse Eilanden	0113 241 000	drs. ing. M. Augustijn	mei 2000
N	Ws Reest en Wieden	0522 276801	ing. Frank Brandse	februari 2000
O	Ws Velt en Vecht	0524 592 222	J. van Berkum	maart 2000
P	Zs Rivierenland	0344 675 911	ing. J.G. Segers	mei 2000
Q	Ws Zuiderzeeland	0320 274 911	ing. L.A. van Efferen	mei 2000
R	Ws Hunze en Aa's	0598 693 290	ing E.E. Mosch	maart 2000
S	Ws Noorderzijlvest	050 304 8911	J. Starke	maart 2000
T	Ws Zeeuws Vlaanderen	0115 641 000	ing H.F.C. Plasschaert	mei 2000
U	Ws Veluwe	055 527 2911	ing. R. van Dalen	maart 2000
V	Zs Hollandse Eilanden en Waarden	078 639 7100	ing R. Vingerhoeds	mei 2000
W	Hhs West-Brabant	076 564 1000	ing J.J. Jonk	mei 2000
X	Ws Vallei en Eem	033 434 6000	ir. J. Ebbenhorst	mei 2000

14 BEGRIPPENLIJST

Ander water	Water met een andere kwaliteit dan drinkwater dat wordt toegepast voor doeleinden waarbij geen sprake is van menselijke consumptie.
AOC	Assimileerbaar Organisch Koolstof.
Duurzaamheid	Het voorzien in de eigen behoeften zonder de mogelijkheden van toekomstige generaties om in hun behoeften te voorzien in gevaar te brengen.
Effluent	rwzi-effluent, gezuiverd communaal afvalwater.
Effluentgebruik	toepassen van (nagezuiverd) effluent als bron van de watervoorziening. NB: hieronder valt niet effluent afkomstig uit industriële zuiveringen.
Gietwater	Water dat gebruikt wordt voor de beregening in de glastuinbouw.
Hemelwater	Regenwater en smeltwater dat van daken van gebouwen, straten en andere verharde oppervlakken tot afstroming is gekomen
Huishoudwater	Water, door middel van collectieve (gemeenschappelijke) systemen via leidingen geleverd aan huishoudens, dat van mindere kwaliteit is dan drinkwater en dat bestemd is voor laagwaardige toepassingen. In de definitie van VEWIN is bovendien het uitgangspunt dat de levering van huishoudwater wordt verzorgd door het waterleidingbedrijf.
Infiltratie	Algemeen: het in de bodem brengen van water. Een nadere betekenis van infiltratie is: het intreden van water in de bodem van af het grondoppervlak.
MF	Microfiltratie.
MFI	Membraan Filtratie Index.
NF	Nanofiltratie.
MTR	Maximaal Toelaatbaar Risico.
Rioolstelsel	Systeem voor de inzameling en het transport van afvalwater naar de rioolwaterzuiveringsinrichting.
RO	Reverse Osmosis (Hyperfiltratie).
Toepassing	Inzet van effluent als bron voor industriewater, huishoudwater, natuur- en recreatiewater, stadswater of halffabrikaat drinkwater.
UF	Ultrafiltratie.
Verdroging	De aantasting van de natuur als gevolg van (grond) waterstandsval, zowel direct door de daling van de waterstand als door indirecte effecten (zoals de aanvoer van gebiedsvreemd water van een andere kwaliteit om het watertekort aan te vullen).
Watervoorziening	Winning, productie en distributie van water.
Wvo	Wet verontreiniging oppervlaktewater.

Deel 4 Bijlagen

INHOUDSOPGAVE BIJLAGEN

I INVLOEDSFACTOREN EFFLUENTGEBRUIK

- I-1 Technieken
- I-2 Gezondheidskundige en ecotoxicologische aspecten
- I-3 Kostprijs technieken en procesoptimalisatie
- I-4 Leveringszekerheid
- I-5 Milieuaspecten technieken

II INVENTARISATIE EFFLUENTGEBRUIK

- II-1 Haalbaarheidstudie/oriëntatie
- II-2 Pilot-onderzoeken
- II-3 Toepassingen
- II-4 Samenvattingen literatuur effluent hergebruik / nabehandeling
- II-5 Overzicht huishoudwaterprojecten

III NORMEN EN RICHTLIJNEN

- III-1 Normen drinkwater
 - III-1.1 Waterkwaliteitsdoelstellingen oppervlaktewater voor bereiding drinkwater
 - III-1.2 Drinkwaternormen
- III-2 Infiltratiebesluit
- III-3 Normen landbouwwater
 - III-3.1 Waterkwaliteitsdoelstellingen landbouw
 - III-3.2 Grenswaarden voor het beoordelen van drinkwater voor vee
- III-4 Normen recreatiewater
 - III-4.1 Waterkwaliteitsdoelstellingen zwemwater (Wvo)
 - III-4.2 Waterkwaliteitsdoelstellingen zwemwater (WHVZ)
- III.5 Normen natuurwater
 - III-5.1 Waterkwaliteitsdoelstellingen water voor zalmachtigen en water voor karperachtigen
 - III.5.2 Minimum kwaliteit (MTR) en streefwaarden voor water
 - III.5.3 Richtlijn natuurwater
- III-6 Controle- en ontwerpparameters voor huishoudwatersystemen

IV OVERZICHT DRINKWATERKOSTEN

Bijlage I Invloedsfactoren effluentgebruik

Bijlage I.1 Technieken

1.1 Inleiding

In deze bijlage is een overzicht opgenomen van de relevante beschikbare technieken voor de nabehandeling van effluent. In tabel 21 zijn de technieken en het bijbehorende paragraafnummer weergegeven.

Tabel 21 Behandelde zuiveringstechnieken en paragraafnummer

Zuiveringstechniek	Paragraaf
Fysisch/chemische processen	1.2
Coagulatie, flocculatie en sedimentatie	1.2.1
Magnetische separatie	1.2.2
Electrodialyse	1.2.3
Ionenwisseling	1.2.4
Filtratieprocessen	1.3
Snelfiltratie	1.3.1
Microzeven	1.3.2
Bodemfiltratie	1.3.3
Membraanfiltratie	1.3.4
Membraanbioreactor	1.3.5
Langzame zandfiltratie	1.3.6
Actiefkoolfiltratie	1.3.7
Chemische oxidatie en desinfectie	1.4
Ozon	1.4.1
Waterstofperoxide	1.4.2
Chlorering	1.4.3
Chloordioxide	1.4.4
Ultraviolette straling	1.4.5
Natuurlijke zuiveringssystemen	1.6
Effluentvijvers	1.6.1
Helofytenfilters	1.6.2
Biologische filters	1.6.3

Per techniek worden de volgende aspecten behandeld:

- algemene beschrijving;
- verwijderingsrendementen;
- stand der techniek en ervaring;
- robuustheid;
- eventueel benodigde voor- en nabehandeling.

Het aspect 'stand der techniek en ervaring' bevat een uiteenzetting van de toepassingsmogelijkheden van de techniek en de ervaringen van de toepassing op effluent. In eerste instantie worden de Nederlandse ervaringen beschreven. Voor technieken die nog niet in Nederland zijn toegepast zijn buitenlandse referenties opgenomen.

1.2 Fysisch/chemische processen

1.2.1 Coagulatie, flocculatie en sedimentatie

algemene beschrijving

Kleine deeltjes (colloïden) in water, die door bezinking en snelfiltratie niet effectief zijn te verwijderen, kunnen door het doseren van vlokmiddelen worden gebonden tot goed verwijderbare vlokken. Hiertoe moet het effluent snel en effectief worden gemengd met de vlokmiddelen. Hierna kan door een rustige menging een samenklontering van deeltjes (flocculatie) plaatsvinden. De gevormde vlokken kunnen vervolgens worden afgescheiden door bezinking (sedimentatie) [van der Graaf, 1999].

verwijderingsrendementen

In tabel 22 is het verwijderingsrendement van coagulatie/sedimentatie van diverse stoffen en *E.coli* bij de behandeling van rwzi-effluent gegeven [Meinema, 1997].

Tabel 22 Verwijderingsrendementen coagulatie, flocculatie en sedimentatie

Stof	Verwijderingsrendement (%)
CZV	40 – 60
Zwevende stof	60 – 80
Fosfaat	80 – 100
Stikstof	0 – 20
Ammonium	0 – 20
Koper	80 – 100
Zink	60 – 80
<i>E.coli</i>	40 – 60
AOC	0 – 40
PCB	60 – 80

stand der techniek en ervaring

Momenteel vinden coagulatie, flocculatie en sedimentatie nog nergens plaats als effluentpolijstingsproces. Coagulatie en flocculatie worden wel gebruikt voor vlokfiltratie (met name in Zwitserland). Daarnaast worden op grote schaal chemicaliën toegevoegd aan afvalwater ten behoeve van onder meer fosfaatverwijdering.

robuustheid

Coagulatie, flocculatie en sedimentatie is een zeer robuust proces. De dosering van chemicaliën is het meest kwetsbare onderdeel.

eventueel benodigde voor- en nabehandeling

Er is geen aparte voorbehandeling nodig voor de toepassing van coagulatie, flocculatie en sedimentatie. Wanneer een filtratiestap wordt nageschakeld, wordt het verwijderingsrendement met betrekking tot micro-organismen en deeltjes verhoogd.

1.2.2 Magnetische separatie

algemene beschrijving

Bij magnetische separatie wordt slib afgevangen met behulp van een sterke magneet. Het effluent wordt behandeld met kalk, waardoor het fosfaat neerslaat. Door de toevoeging van poly-elektrolyet en zeer fijn verdeeld magnetiet (een ijzeroxide) wordt magnetiet-kalkslib gevormd. Dit slib blijft achter in de magneet. Na het uitschakelen van de stroom wordt de magneet teruggespoeld, waarbij het magnetiet-kalkslib vrijkomt. In een opwerkingstrap wordt het magnetiet uit het kalkslib teruggewonnen en hergebruikt.

verwijderingsrendement

In tabel 23 is het verwijderingsrendement van magnetische separatie van diverse stoffen en *E. coli* bij de behandeling van rwzi-effluent gegeven [Meinema, 1997].

Tabel 23 Verwijderingsrendementen magnetische separatie

Stof	Verwijderingsrendement (%)
CZV	0 – 20
Zwevende stof	20 – 40
Fosfaat	95 – 100
Stikstof	0 – 20
Ammonium	0 – 20
Koper	80 – 100
Zink	60 – 80
<i>E. coli</i>	0 – 20
AOC	0 – 40
PCB	0 – 20

stand der techniek en ervaring

Magnetische separatie is op pilotschaal en in demonstratieprojecten getest op fosfaatverwijdering op een beperkt aantal zuiveringsinstallaties (o.a. bij ECN Petten). Een effluentgehalte van 0,15 mg P_{totaal} /l is hierbij haalbaar gebleken [van der Graaf, 1999].

robuustheid

De techniek op zich is vrij robuust. De fosfaatverwijdering is afhankelijk van de watersamenstelling en het type zuiveringsproces. Mogelijke knelpunten zijn de terugwinning van het magnetiet en het opwerken van het kalkslib tot een verwerkbaar product.

eventueel benodigde voor- en nabehandeling

Er is geen aparte voorbehandeling noodzakelijk voor de toepassing van magnetische separatie. Wel moet het effluent van deze zuiveringstechniek worden geneutraliseerd, omdat het als gevolg van de kalkdosering een pH heeft van 10,5 of hoger.

1.2.3 Elektrodialyse

algemene beschrijving

Elektrodialyse is een membraanproces, waarbij ionen onder invloed van een elektrisch veld worden getransporteerd door ionselectieve membranen. De membranen zijn slecht doorlatend voor water en niet ionogene verbindingen. Tussen twee elektroden is afwisselend een groot aantal kation- en anionselectieve membranen geplaatst. De negatief geladen kationselectieve membranen laten alleen kationen door. De anionselectieve membranen zijn positief geladen en laten alleen anionen door. Op deze wijze wordt de behandelde afvalwaterstroom gescheiden in een ionarme en een ionrijke stroom.

verwijderingsrendement

In tabel 24 zijn de verwijderingsrendementen van elektrodialyse weergegeven [Meinema; 1997].

Tabel 24 Verwijderingsrendementen elektrodialyse

Stof	Verwijderingsrendement (%)
CZV	0 – 20
Zwevende stof	0
Fosfaat	40 – 80
Stikstof	40 – 80
Ammonium	40 – 80
Koper	40 – 80
Zink	40 – 80
<i>E.coli</i>	0 – 20
AOC	0 – 20
PCB	0 – 20
Cl ⁻	80 – 100
EGV	80 – 100

stand der techniek en ervaring

Elektrodialyse wordt met name bij de drinkwaterbereiding toegepast om van brak water drinkwater te maken. Bij het behandelen van afvalwater wordt elektrodialyse voornamelijk toegepast voor de verwijdering van metalen uit afvalwater. Tevens wordt het proces toegepast voor het zuiveren van koelwater van energiecentrales.

robuustheid

Indien een goede voorbehandeling wordt toegepast, zal bij een bepaald spanningsverschil de kwaliteit van het geproduceerde water vrij constant zijn. Zoals bij de meeste membraanprocessen zijn de membranen het meest kwetsbare onderdeel van de installatie. Deze zijn gevoelig voor vervuiling, verstopping en mechanische aantasting. Andere storingsgevoelige componenten zijn de regeling en in mindere mate de circulatiepompen.

eventueel benodigde voor- en nabehandeling

De noodzakelijke voorbehandeling is gericht op het verwijderen van gesuspendeerde deeltjes en bestaat uit bezinking, flocculatie en/of voorfiltratie. Daarnaast wordt veelal een pH-correctie toegepast en worden soms chemicaliën toegevoegd ter voorkoming van neerslag van slecht oplosbare zouten. De randvoorwaarden zijn:

- elektrodialyse wordt in het algemeen toegepast op afvalwater met 1 tot 5 g/l totaal opgeloste stof;
- het pH-bereik is 1-13;
- de maximale temperatuur is 45°C.

1.2.4 Ionenwisseling

algemene beschrijving

Ionenwisseling is een proces, waarbij uitwisseling van kat- en anionen plaatsvindt. Een ionenwisselaar bestaat uit (veelal synthetisch) vast materiaal dat in staat is ionen in meer of mindere mate aan zich te binden. Onderscheiden kunnen worden kationen- en anionenwisselaars. In beide gevallen zijn aan het basismateriaal vaste geladen groepen gebonden, waarbij als gevolg van de sterkte van bindingskrachten ionen worden uitgewisseld. Anionenwisselaars worden gebruikt voor de uitwisseling van negatief geladen ionen en kationenwisselaars voor de uitwisseling van positief geladen ionen. De ligging van het evenwicht wordt bepaald door de ionenconcentratie in het hars en indien er meer soorten ionen aanwezig zijn, de selectiviteit van het betreffende ion.

Ionenwisseling kan batchgewijs en continu worden uitgevoerd in een gepakt bed respectievelijk moving- of gefluïdiseerd bed.

verwijderingsrendement

In tabel 25 is aangegeven wat het rendement is van ionenwisseling [Meinema; NVA-symposium Biologisch gezuiverd afvalwater 1997].

Tabel 25 Verwijderingsrendementen ionenwisseling

Stof	Verwijderingsrendement (%)
CZV	20 – 40
Fosfaat	40 – 60
Stikstof	60 – 80
Ammonium	80 – 100
Koper	60 – 80
Zink	60 – 80

stand der techniek en ervaring

Tot nu toe zijn ervaringen opgedaan met ionenwisselaars bij de demineralisering van proceswater, de zuivering van drinkwater en metaalverwijdering in de galvanische en metallurgische industrie. Er wordt op sommige plaatsen onderzoek verricht naar de toepasbaarheid van natuurlijk zeoliet als ionenwisselaar om met name ammonium uit het water te verwijderen. Op de zuiveringsinstallatie van Lake Tahoe is dit inmiddels in de praktijk gerealiseerd. Hierbij wordt gebruik gemaakt van clinoptiloliet voor de verwijdering van ammonium [van der Graaf: meer dan effluent].

robuustheid

De bedrijfszekerheid van het proces is hoog, indien de aan de techniek gestelde begrenzingen niet worden overschreden. De volgende randvoorwaarden zijn van toepassing:

- beginconcentraties verontreinigingen < 20 g/l;
- oxiderende stoffen kunnen functionele groepen beschadigen;
- toelaatbare druk 0,15- 0,25 mPa.

Ionenwisselaars kunnen vervuilen of verstopen door de aanwezigheid van gesuspendeerde deeltjes, precipitaten en bacteriële aangroei. Tevens is beschadiging van functionele groepen door oxiderende stoffen mogelijk.

eventueel benodigde voor- en nabehandeling

De voorbehandeling moet gericht zijn op het verwijderen van vaste en/of gesuspendeerde deeltjes in het water. In het algemeen zal de voorbehandeling bestaan uit een desinfectiestap gevolgd door filtratie.

1.3 Filtratatieprocessen

1.3.1 Snelfiltratie

algemene beschrijving

Bij filtratie over een korrelmedium wordt gebruik gemaakt van één of meer lagen korrelmateriaal die zorgen voor het afvangen van de zwevende deeltjes (enkellaags: veelal zand als medium; dubbellaags veelal zand en antraciet als filtermedium). De conventionele manier van zandfiltratie is middels een 'vast bed'. Daarnaast bestaat er een vorm van 'continue' zandfiltratie, waarbij tijdens filtratie een deel van het zand wordt weggenomen, gezuiverd en terug op het filterbed gebracht. Op deze vorm van filtratie wordt echter niet verder ingegaan.

De te onderscheiden filtratiemechanismen zijn diepbedfiltratie en koekfiltratie.

Bij diep-bedfiltratie vindt na de aanvang van het filtratieproces afzetting van verontreinigingen in het bed plaats. Na een bepaalde tijd is het gehele bed vervuild, loopt de weerstand op en kan doorslag van de verontreinigingen in het filtraat optreden. De bedrijfsvoering dient er derhalve op gericht te zijn het filter te reinigen (terug te spoelen) alvorens deze verslechtering van filtraat optreedt. Bij koekfiltratie wordt de zwevende stof in het water boven op het filtermedium tegengehouden. Hierdoor ontstaat een koek van dit materiaal, waarop de filtratie zich afspeelt. Het filtermedium functioneert in principe alleen als drager van de eigenlijke filterlaag.

vlokkings- en vlokkenfiltratie

Bij vlokkings- en vlokkenfiltratie klonteren door de dosering van vlok(hulp)middelen de opgeloste en niet opgeloste deeltjes samen tot vlokken van een grotere omvang, zodat de verwijdering van deze deeltjes wordt verbeterd tijdens het filtratieproces. Een andere toepassing is de invanging van fosfaat in vlokken door toevoeging van een driewaardig ijzer- of aluminiumzout aan het influent van het filter. Het verschil tussen vlokken- en vlokkingsfiltratie wordt gevormd door de plaats van de vlokmiddeldosering en de vlokvorming. Bij vlokkenfiltratie vindt de vlokvorming plaats in een aparte ruimte voorafgaand aan het filter. Bij vlokkingsfiltratie wordt het vlokmiddel kort voordat het water het filterbed instroomt gedoseerd [de Koning, 1999].

verwijderingsrendement

In tabel 26 is het verwijderingsrendement van snelfiltratie van diverse stoffen en *E. coli* bij de behandeling van rwzi-effluent gegeven [Meinema, 1997].

Tabel 26 Verwijderingsrendementen snelfiltratie

Stof	Verwijderingsrendement (%)	Verwijderingsrendement (%)
	Snelfiltratie	vlokkfiltratie
CZV	40 – 60	60 – 80
Zwevende stof	60 – 80	80 - 100
Fosfaat	0 – 20	95 -100
Stikstof	0 – 20	0 - 20
Ammonium	0 – 20	0 - 20
Koper	20 – 40	80 - 100
Zink	20 – 40	60 - 80
<i>E.coli</i>	20 – 40	40 - 60
AOC	0 – 40	0 - 40
PCB	40 – 60	60 - 80

stand der techniek en ervaring

Zand- en dubbellaagsfilters (met en zonder de toevoeging van vlokmiddelen) worden in Nederland bij rioolwaterzuiveringen op beperkte schaal toegepast. Bij een aantal pilotproeven in Nederland worden zandfilters ingezet als effluentpolijstingstechniek of als voorbehandeling voor ultrafiltratie (zie onderstaand kader). In Zwitserland daarentegen is het een veel toegepaste techniek om zwevende stof en fosfaat te verwijderen. In de industrie zijn meer toepassingen bekend in de afvalwaterbehandeling, onder andere voor reductie van zwevende stof. Bij de drinkwaterbereiding is het toepassen van filtratie een veelvuldig toegepaste en bekende techniek.

robuustheid

Filtratie op zich is een robuust proces. De zwevendestofbelasting van het filter is bepalend voor de vervuiling en terugspoelfrequentie. Met de dosering van vlokmiddelen moet voorzichtig worden omgegaan om verkleefing van het filtermateriaal te voorkomen.

eventueel benodigde voor- en nabehandeling

De looptijden van de filters blijven meestal acceptabel bij zwevendestofgehalten tot 50 mg/l en tijdelijk mogelijk wat hoger (afhankelijk van het type verontreinigingen). Indien de gehalten zwevende stof duidelijk hoger zijn, zal een voorbehandeling nodig zijn in de vorm van bijvoorbeeld bezinking (sedimentatie). Indien het gaat om het effluent van nabezinktanks zal een dergelijke voorbehandeling niet nodig zijn [PAO; van der Graaf, 1997].

1.3.2 Microzeven

algemene beschrijving

Een microzeef bestaat uit een om een horizontale as roterende trommel van zeer fijn gaas met aan de buitenkant daaroverheen een grover steungaas. De trommel is voor ongeveer $\frac{3}{4}$ deel met water gevuld, het water stroomt via het trommelvlak naar buiten en passeert daarbij het gaas. De trommel draait met een regelbare snelheid (0,5 – 5 omwentelingen per minuut). Bovenop de microzeef is een rij sproeijs aangebracht, die de afgezeefde verontreinigingen lossputten van het gaas [Huisman e.a., 1996].

verwijderingsrendement

In tabel 27 is het verwijderingsrendement van microzeven weergegeven [Meinema, 1997].

Tabel 27 Verwijderingsrendementen microzeven

Stof	Verwijderingsrendement (%)
CZV	40 – 60
Zwevende stof	60 – 80
Fosfaat	40 – 60
Stikstof	0 – 20
Ammonium	0 – 20
Koper	20 – 40
Zink	20 – 40
<i>E.coli</i>	20 – 40
AOC	0 – 40
PCB	40 – 60

stand der techniek en ervaring

Microzeven worden met name ingezet bij de bereiding van drinkwater (o.a. WRKIII, PWN) als voorbehandelingsstap. Daarnaast worden ze op sommige plaatsen ingezet als tertiaire zuiveringsstap in de afvalwaterzuivering voor het verwijderen van voornamelijk zwevende stof uit effluent.

robuustheid

Voordelen van microzeven zijn een flexibele bedrijfsvoering binnen bepaalde grenzen en weinig noodzakelijk toezicht. Nadelen zijn de gevoeligheid voor grote hydraulische fluctuaties, een verminderend zuiveringseffect bij zeer lage en zeer hoge zwevende stofgehalten, biologische (slijm)groei op de filters en de hoge benodigde druk van de spoelstroom.

eventueel benodigde voorbehandeling

Het te behandelen water heeft in principe geen voorbehandeling nodig. Om groei van micro-organismen te voorkomen kan een desinfectiemiddel worden toegevoegd. Dit kan eveneens door de microzeef periodiek mechanisch of chemisch te reinigen. Meestal is een combinatie van beide noodzakelijk.

1.3.3 Bodemfiltratie

algemene beschrijving

Bij bodemfiltratie of landinfiltratie in het algemeen wordt gezuiverd afvalwater geïnfiltreerd in de bodem. Het infiltreren naar het grondwater kan plaatsvinden via infiltratiebassins, putten of open kanalen. Bodemfiltratie wordt in hoofdzaak ingezet als desinfectiestap. Na een verblijftijd die lang genoeg is voor desinfectie, wordt het water vervolgens opgepompt en moet in sommige gevallen daarna nog een zuiveringsstap ondergaan om te voldoen aan de eisen met betrekking tot bijvoorbeeld zwevende stof, CO₂-verwijdering en ijzer + mangaan, NH₄. Het opgepompte water heeft nagenoeg dezelfde kwaliteit als grondwater.

verwijderingsrendement

In tabel 28 is het verwijderingsrendement aangegeven van bodemfiltratieprocessen voor E-coli zoals gepresenteerd tijdens een NVA-symposium [Meinema, 1997].

Tabel 28 Verwijderingsrendementen bodemfiltratie

Stof	Verwijderingsrendement (%)
<i>E.coli</i>	95 –100

stand der techniek en ervaring

Het infiltreren van voorgezuiverd water in de bodem wordt in het algemeen slechts toegepast bij de bereiding van drinkwater. Het meest bekende voorbeeld is infiltratie in de duinen (DZH, GWA). Op het gebied van afvalwaterzuivering wordt deze techniek in Nederland voor zover bekend nog niet op grote schaal toegepast. Op twee plaatsen in Nederland wordt het effluent van kleine rwzi's in de bodem geïnfiltreerd. Op enkele plaatsen wordt onderzoek uitgevoerd.

robuustheid

De robuustheid van deze techniek is voor een groot deel afhankelijk van de infiltratiemethode en de wijze van pompen. Ten gevolge van zwevende deeltjes kunnen de infiltratieput en de onttrekkingsput dichtslaan.

eventueel benodigde voorbehandeling

Vergaande voorzuivering is vereist omdat er zeer strenge eisen worden gesteld aan het te infiltreren water, met name indien diepinfiltratie wordt toegepast is het systeem gevoelig voor biofouling en moet voorkomen worden dat de infiltratieputten dichtslaan.

1.3.4 Membraanfiltratie

algemene beschrijving

Membraanfiltratie is een verzamelnaam voor het filtreren met semi-doorlatende membranen. Er worden een aantal soorten van membraanfiltratie onderscheiden, uitgaande van grootte van de poriëndiameter van het membraan en daarmee samenhangend de stoffen die uit het water kunnen worden verwijderd. Bij membraanfiltratie wordt de drijvende kracht van de scheiding bereikt door het drukverschil over het membraan. Naarmate de poriën van het membraan kleiner zijn, is een hoger drukverschil noodzakelijk om een voldoende grote waterflux door de membranen te krijgen. In tabel 29 is een overzicht gegeven van de typen membraanfiltratie. De poriëndiameter, de te verwijderen stoffen en de benodigde druk zijn opgenomen.

Tabel 29 Typen membraanfiltratie

Soort membraan	Poriëndiameter (nm)	Te verwijderen stoffen	Druk (bar)
Microfiltratie	100 – 1000	zwevende stof; bacteriën	0,5 – 2
Ultrafiltratie	10 – 100	emulsies; polymeren; virussen	0,5 – 7
Nanofiltratie	1- 10	microverontreinigingen; (grote) 2-waardige ionen;	7 - 30
Hyperfiltratie	0,1 – 1	1- waardige ionen	14 – 30

Door micro- en ultrafiltratie worden zwevende stoffen en colloïdale deeltjes vergaand verwijderd waardoor deze technieken geschikt zijn als voorbehandeling vóór nano- en hyperfiltratie.

verwijderingsrendement

In tabel 30 zijn de stoffen weergegeven die met de genoemde typen membraanfiltratie kunnen worden verwijderd [Meinema, 1997].

Tabel 30 Verwijderingrendementen membraanfiltratie

Stof	Verwijdering (%) microfiltratie	Verwijdering (%) ultrafiltratie	Verwijdering (%) nanofiltratie	Verwijdering (%) hyperfiltratie
CZV	0-20	0-20	> 95	> 95
Zwevende stof	95 –100	95 – 100	95 – 100	95 – 100
Fosfaat	0 – 20	40 – 60	95 – 100	95 – 100
Stikstof	0 – 20	20 – 40	40 – 60	95 – 100
Ammonium	0 – 20	0 – 20	40 – 60	95 – 100
Koper	0 – 20	0 – 20	80 – 100	95 – 100
Zink	0 – 20	0 – 20	80 – 100	95 – 100
<i>E.coli</i>	95 – 100	95 – 100	95 – 100	95 – 100
AOC	0 – 20	0 - 20	40 – 60	95 - 100
PCB	60 – 80	60 - 80	80 – 100	95 – 100
HCO ₃ ⁻	0-20	0-20	> 50	> 95
Kleurgetal	0	0	> 75	> 95

Door middel van toevoeging van vlokmiddelen zoals ijzer- of aluminiumchloride aan het influent van micro- of ultrafiltratie kan de fosfaatverwijdering worden verbeterd tot 80 –100%.

stand der techniek en ervaring

In Nederland is ultrafiltratie alleen toegepast in pilotonderzoeken waarbij effluent vergaand is nagezuiverd (met of zonder voorbehandeling door middel van zandfiltratie). In Amerika wordt al sinds de jaren zeventig effluent nagezuiverd met behulp van membraanfiltratie voor diverse doeleinden (infiltratie in de bodem, be-
regening van golfbanen, irrigatie). Membraanfiltratie is duur vergeleken met filtratie over een korrelmedium en wordt daarom toegepast wanneer bijvoorbeeld strenge eisen aan de waterkwaliteit worden gesteld of wanneer het hergebruiken van water tot de mogelijkheden behoort. Door het toenemende gebruik en technisch/technologische ontwikkelingen worden de prijzen van de membranen, de benodigde drukken en dus het energieverbruik de laatste jaren steeds lager.

robuustheid

Membraanfiltratie is zeer gevoelig voor vervuiling. Bij vervuiling van de membranen loopt de flux door het membraan terug (geringere opbrengst) bij een vast ingestelde druk over het membraan. Een goede reinigingsprocedure voor de membranen is dan essentieel voor een stabiele bedrijfsvoering. De levensduur van de membranen wordt verkort bij een toename van de reinigingsfrequentie en het gebruik van chemicaliën (detergenten, oxidatiemiddelen, zuren, basen, etc.).

eventueel benodigde voor- en nabehandeling

Een goede voorbehandeling (zandfiltratie) is noodzakelijk in geval van hyper- en nanofiltratie. Bij ultra- en microfiltratie is de voorbehandeling minder kritisch. Bij onvoldoende voorbehandeling vindt een ongewenste membraanvervuiling plaats waardoor de flux daalt of de noodzakelijke druk toeneemt.

1.3.5 Membraanbioreactor

algemene beschrijving

Een membraanbioreactor (MBR) is in wezen geen toepassing om effluent te zuiveren. Een MBR wordt geïnstalleerd ná de biologische behandeling van afvalwater in plaats van een nabezinktank. Een MBR scheidt het slib van het water, door middel van UF.

Aangezien er met de toepassing van een MBR effluent geproduceerd wordt van een hoge kwaliteit, en daardoor in aanmerking komt voor hergebruiktoepassingen, wordt in dit hoofdstuk de MBR eveneens behandeld.

Een membraanbioreactor (MBR) biedt voordelen ten opzichte van de conventionele nabezinktechniek indien:

- een verhoogde effluentkwaliteit noodzakelijk is;
- er weinig ruimte op de locatie is;
- er mogelijkheden zijn voor effluentgebruik.

stand der techniek en ervaring

In Duitsland zijn verschillende (kleine) rwzi's met een MBR uitgevoerd. De zuiveringsresultaten zijn naar behoren. In Nederland is weinig ervaring met het systeem. De nadelen van het systeem zijn dat het (nog) duur is en dat het (nog) een aantal onzekerheden kent. Het grote voordeel is dat de zuivering ook bij lage slibbelasting goed verloopt.

De over het algemeen toegepaste drogestofgehalten bedragen circa 10-15 g/l. Een hoog slibgehalte heeft een sterk negatief effect op de alpha-factor (als gevolg van de stijging van de viscositeit) waardoor de inbreng van zuurstof wordt bemoeilijkt.

robuustheid

De robuustheid is te vergelijken als beschreven bij membraanfiltratie.

1.3.6 Langzame zandfiltratie

Langzame zandfiltratie (LZF) is een waterbehandelingstechniek waarbij water langzaam door een zandbed stroomt en waarbij fysische, chemische en biologische processen het water zuiveren [Witteveen-Bos, 2000]. LZF kenmerkt zich door het afwezig zijn van de mogelijkheid van een spoeling in tegenstroom met de procesrichting met lucht of water. Wanneer de weerstand van het bed teveel toeneemt, wordt de oplopende bedweerstand ongedaan gemaakt door de bovenste vuillaag van het bed te verwijderen.

verwijderingsrendement

In tabel 31 is aangegeven welke zuiveringsrendementen met LZF in de praktijk gevonden zijn [Witteveen-Bos, 2000].

Tabel 31 Zuiveringsrendementen LZF

Stof	Verwijderingsrendement (%)
Troebelheid	5-88
D.O.C.	4-40
Chlorofyl-a	0-90
M.F.I.	
IJzer	0-90
Mangaan	100
UV-extinctie	0-35
Kleur	0-80
KMnO ₄ -verbruik (mg/l O ₂)	0-20
Fosfaat	0
Nitraat	0
Ammonium	70
AOC	14-40

Het blijkt dat de biofilmvormingssnelheden en de ijzerafzettingen van de Nederlandse drinkwaterbedrijven die een LZF als eindstap in het proces hebben tot de laagste behoren in vergelijking met de andere waterbedrijven [Kiwa, 1996].

stand der techniek en ervaring

LZF is voor het eerst toegepast in Schotland rond 1800 voor de bereiding van drinkwater. De toenemende watervraag in Europa werkte echter remmend op de toepassing van LZF, aangezien voor de techniek een flink ruimtebeslag is vereist. Toch wordt LZF in de drinkwaterbereiding overal ter wereld toegepast. Er blijkt een zeer gering aantal publicaties over het behandelen van effluent te zijn verschenen. Hieruit blijkt dat dit een toepassing is die niet of nauwelijks in de praktijk is toegepast. In Nederland is geen praktijkervaring bekend die is opgedaan met de zuivering van effluent met LZF.

robuustheid

LZF is een robuust en eenvoudig proces, mits de kwaliteit van de te behandelen stroom redelijk is. Hoe schoner het influent van het filter is, hoe minder onderhoud er gepleegd hoeft te worden.

Randvoorwaarde voor een aanvaardbare productieduur is een troebelingsgraad van het voedingswater lager dan 1 FTE.

eventueel benodigde voor- en nabehandeling

Om te voorkomen dat te vaak de vuillaag van het bed afgeschept moet worden dient het water redelijk voor-gezuiverd te zijn.

1.3.7 Actiefkoolfiltratie

algemene beschrijving

Het verwijderingsmechanisme bij actiefkoolfiltratie is gebaseerd op adsorptie aan kool. Actief kool bevat veel poriën waardoor het potentiële adsorptie oppervlak zeer groot is. De mate van verwijdering is afhankelijk van een aantal factoren:

- de aard van de stof (polariteit);
- de contacttijd tussen de stof en het actieve kool;
- de concentratie van de stof;
- de poriëngrootte van het actieve kool;
- verzadiging (ouderdom van de kool).

verwijderingsrendement

In tabel 32 is het verwijderingsrendement van actief kool weergegeven [Meinema, 1997].

Tabel 32 Verwijderingsrendementen actiefkoolfiltratie

Stof	Verwijderingsrendement (%)
CZV	40 – 60
Zwevende stof	60 – 80
AOC	95 – 100
PCB	80 – 100

stand der techniek en ervaring

Actiefkoolfiltratie is één van de meest toegepaste adsorbents in afvalwaterbehandeling. Voor zover bekend is actiefkoolfiltratie voor de nabehandeling van effluent in Nederland alleen getest op pilotschaal (rwzi Driebergen). Actiefkoolfiltratie wordt veelvuldig toegepast bij industriële zuiveringen voor het verwijderen van organische stoffen (microverontreinigingen). Bij grondwatersaneringen worden koolfilters als laatste stap gebruikt bij de zuivering van het grondwater voordat dit wordt geloosd. Tevens wordt actief koolfiltratie veelvuldig toegepast bij de bereiding van drinkwater voor de verwijdering van geur-, kleur- en smaakstoffen en microverontreinigingen (o.a. pesticiden).

robuustheid

Actiefkoolfiltratie is een robuust proces waarbij schommelingen opgevangen kunnen worden. Door het actief kool regelmatig te vervangen, dan wel te reactiveren, blijft de werking gegarandeerd. De frequentie van vervangen of reactiveren is afhankelijk van de belasting van de filters en de normen die worden gesteld voordat tot regeneratie wordt overgegaan. Deze normen zijn niet uniform. In de drinkwatersector heeft elk bedrijf zijn eigen specifieke normen.

eventueel benodigde voor- en nabehandeling

Het reactiveren van actief kool is een kostbare zaak. Door voorbehandeling van de te behandelen waterstroom (verwijdering van o.a. zwevende stof) is het mogelijk het filter effectiever in te zetten voor de specifieke verwijdering van lastig te verwijderen stoffen zonder dat regeneratie noodzakelijk is; hierdoor worden kosten bespaard. De voorbehandeling kan bestaan uit een eenvoudige snelfiltratie.

1.4 Chemische oxidatie en desinfectie

algemene beschrijving

Bij een chemische-oxidatietechniek worden elektronen overgedragen van een te oxideren verbinding naar een oxidatiemiddel. Het oxidatiemiddel wordt daarbij gereduceerd en de te oxideren verbinding geoxideerd. Onder chemische oxidatie wordt een aantal technieken verstaan zoals ozon-, waterstofperoxyde-, natte – lucht- en fotokatalytische oxidatie (chloor). Deze technieken worden toegepast voor de omzetting of afbraak van een groot aantal milieubezwaarlijke en niet-biologisch afbreekbare verontreinigingen. Ozon- en waterstofperoxyde-oxidatie kunnen worden versneld door gebruik te maken van UV-straling, homogene of heterogene katalysatoren.

Het doel van desinfectie is het verlagen van het aantal pathogene micro-organismen in het water tot zulke lage hoeveelheden dat het besmettingsrisico wordt geminimaliseerd. Dit kan gebeuren door de organismen uit het water te verwijderen of door ze door een chemische of fysische behandeling blijvend te inactiveren. In het verleden werd in Nederland voor desinfectie vrijwel altijd chlorering toegepast. Vanwege de nadelen die aan deze techniek kleven (vorming van carcinogene verbindingen en onvoldoende inactivering van micro-organismen) zijn desinfectietechnieken als ozon, UV en membraanfiltratie sterk in opkomst [van der Zandt, PAO 'Meer dan effluent', 1999].

1.4.1 Ozon

Ozon (O_3) is een instabiele vorm van zuurstof waarvan het derde atoom in waterige oplossingen makkelijk wordt afgesplitst. Hierbij worden vrije radicalen HO en HO_2 gevormd die een grote oxidatieve kracht bezitten. Zij reageren met vrijwel alle in water voorkomende verontreinigingen, waarbij organische stoffen geoxideerd kunnen worden en micro-organismen worden geïnactiveerd. Zowel bacteriën als virussen worden in zeer hoge mate verwijderd. De werking van ozon kan worden verhoogd en de dosering verlaagd door toepassing van gekatalyseerde ozon. Als katalysator kan bijvoorbeeld UV-straling worden gebruikt.

verwijderingsrendement

In tabel 33 zijn de rendementen van ozon weergegeven [Meinema; NVA-symposium Biologisch gezuiverd afvalwater 1997].

Tabel 33 Verwijderingsrendementen ozon

Stof	Verwijderingsrendement (%)
CZV	80 – 100
Ammonium	95 – 100
<i>E.coli</i>	95 – 100
AOC	60 – 80
PCB	60 – 80

stand der techniek en ervaring

Als desinfectiemiddel voor afvalwater wordt ozon in Nederland niet toegepast; sinds enkele jaren echter wel voor de bereiding van drinkwater (o.a. Gemeentewaterleidingen Amsterdam, pompstation Leiduin). In landen met een tekort aan zoet water wordt ozonisatie toegepast om effluent van rwzi's geschikt te maken voor hergebruik (b.v. irrigatie, besproeiing golfbanen). In de Verenigde Staten is ozonisatie een veelvuldig toegepaste techniek voor de desinfectie van effluent. Ozonisatie heeft als grote voordeel dat een vergaande desinfectie kan worden bereikt. Een nadeel van ozon is dat het ter plekke geproduceerd moet worden, en dat het giftig is. Dit maakt strenge veiligheidsmaatregelen noodzakelijk. Een ander nadeel van ozon is de vorming van het carcinogene bromaat. Deze stof wordt gevormd uit het aanwezige bromide en is zeer toxisch.

robuustheid

Het doseren van ozon is een robuust proces met een geringe complexiteit. Het meest kritische procesonderdeel is de generator.

eventueel benodigde voor- en nabehandeling

Voor de toepassing van ozon dienen de concentraties aan zwevende stof en carbonaat laag te zijn. Filtratie is daarom in de meeste gevallen een noodzakelijke voorbehandelingsstap.

Om na de ozonbehandeling de biologische stabiliteit van het water te verbeteren wordt veelal actiefkoolfiltratie of langzame zandfiltratie nageschakeld.

1.4.2 Waterstofperoxyde

Waterstofperoxyde is een sterke oxidator, die in staat is om alleen of in combinatie met ozon of UV een groot aantal stoffen in vergaande mate te oxideren. In combinatie met ozon of UV vindt tevens een sterke mate van desinfectie plaats.

verwijderingsrendement

In tabel 34 zijn de verwijderingsrendementen van peroxide weergegeven [Meinema; NVA-symposium Biologisch gezuiverd afvalwater 1997].

Tabel 34 Verwijderingsrendementen waterstofperoxyde

Stof	Verwijderingsrendement (%)
CZV	80 – 100
Ammonium	95 – 100
<i>E.coli</i>	95 – 100
AOC	60 – 80
PCB	60 – 80

stand der techniek en ervaring

Waterstofperoxyde wordt voornamelijk in combinatie met ozon (peroxone) of UV toegepast. Het gaat hierbij om kleinschalige installaties, bijvoorbeeld bij grondwaterzuivering. Het wordt nog niet veel in de afvalwaterzuivering gebruikt. Op een aantal plaatsen, waaronder rwzi Driebergen, is een proefinstallatie gebouwd.

robuustheid

Het doseren van waterstofperoxyde is een robuust proces met een geringe complexiteit.

eventueel benodigde voor- en nabehandeling

Er is geen aparte voorbehandeling noodzakelijk voor de toepassing van waterstofperoxyde als oxidatiemiddel.

1.4.3 Chlorering

Chlorering is in Nederland en daarbuiten de van oudsher toegepaste desinfectietechniek. Er zijn twee verschillende processen voor het chloreren van effluent te onderscheiden, marginale- en breekpuntchlorering. Bij breekpuntchlorering, waarvan de toepassing in Nederland verboden is, wordt al het aanwezige ammonium door het chloor geoxideerd. Bij marginale chlorering is de chloordosis onvoldoende om alle ammonium te verwijderen.

verwijderingsrendement

In tabel 35 zijn de verwijderingsrendementen van chlorering weergegeven [Meinema; NVA-symposium Biologisch gezuiverd afvalwater 1997].

Tabel 35 Verwijderingsrendementen chlorering

Stof	Verwijderingsrendement (%)
CZV	80 – 100
Ammonium	95 – 100
<i>E.coli</i>	95 – 100
AOC	95 – 100
PCB	95 – 100

stand der techniek en ervaring

De desinfectie met chloorbleekloog is een bewezen techniek. Er zijn echter een aantal nadelen aan het gebruik van chloorbleekloog:

- de verminderde desinfecterende werking van chlooramine;
- het toxische effect van chlooraminen en andere chloorverbindingen op het aquatische milieu;
- eventueel gevormde gechloreerde organische verbindingen kunnen zich in hogere organismen ophopen en kankerverwekkend zijn.

Om deze redenen probeert de overheid het gebruik van chloor uit te bannen.

Naast de ruime praktijkervaring zijn voordelen de lage kosten en de eenvoud en betrouwbaarheid van de techniek [van der Zandt, PAO 'meer dan effluent', 1999].

robuustheid

Chlorering is een eenvoudige en betrouwbare techniek.

eventueel benodigde voor- en nabehandeling

Voor het toepassen van chlorering op effluent is geen aparte voorbehandeling vereist.

1.4.4 Chloordioxide

Chloordioxide wordt gebruikt voor de desinfectie van gezuiverd afvalwater. Chloordioxide is een groen-geel explosief gas dat niet veilig onder druk bewaard kan worden. Ook waterige oplossingen zijn weinig stabiel en kunnen bij hoge concentraties aanleiding geven tot explosie. Dit houdt in dat chloordioxide ter plekke moet worden bereid. Dit kan uit chloor of chloorbleekloog en natriumhyperchloriet of uit zoutzuur en natriumhyperchloriet (waar uit het oogpunt van kosten de voorkeur naar uit gaat).

verwijderingsrendement

Chloordioxide is ten aanzien van virussen een effectiever desinfectans dan chloorbleekloog. Ten aanzien van bacteriën is de desinfecterende werking ongeveer gelijk aan die van chloorbleekloog.

stand der techniek en ervaring

In Nederland wordt chloordioxide niet of nauwelijks toegepast voor desinfectie. In de Verenigde Staten wordt chloordioxide toegepast voor de desinfectie van drinkwater. Doordat het niet met ammonium reageert, blijft de desinfecterende werking bovendien gedurende langere tijd behouden. Dit kan in het geval van lozing van effluent op oppervlaktewater een nadelig effect betekenen voor het aquatische milieu. Een nadeel van het toepassen van chloordioxide is dat het minder eenvoudig te analyseren is dan chloor, waardoor de sturing negatief kan worden beïnvloed. Het explosiegevaar van chloordioxide is ook een belemmerende factor van deze toepassing.

robuustheid

Chloordioxide is een eenvoudige en betrouwbare techniek.

eventueel benodigde voor- en nabehandeling

Voor het toepassen van chloordioxide op effluent is geen aparte voorbehandeling vereist.

1.4.5 Ultraviolette straling

algemene beschrijving

UV-straling overbrugt de afstand tussen röntgenstraling en zichtbaar violet licht en heeft een golflengtegebied van 100 – 400 nm. Met name het gebied tot 280 nm is van belang voor desinfectie.

De desinfecterende werking van UV-straling is gebaseerd op het feit dat de straling door de bacteriën wordt opgenomen, waarna ze sterven. De straling wordt opgewekt in lage-, middel- of hoge drukkwiklampen. Het te behandelen water stroomt langs deze lampen. Hierbij is het van belang dat zo min mogelijk gesuspenderde deeltjes in het water aanwezig zijn, die enerzijds de bacteriën en virussen afschermen van de straling en anderzijds de straling adsorberen waardoor de hoeveelheid straling hoger moet zijn.

UV heeft geen blijvende desinfecterende werking en er dienen veiligheidsmaatregelen in acht te worden genomen om gevaren (verbranding van de huid, beschadiging van het netvlies) te voorkomen.

verwijderingsrendement

In tabel 36 zijn de verwijderingsrendementen van UV gegeven zoals deze lange tijd algemeen zijn aanvaard. [Meinema; NVA-symposium Biologisch gezuiverd afvalwater 1997].

Wanneer voor micro-organismen niet naar verwijdering maar naar inactivatie wordt gekeken, zijn de verwijderingspercentages veel hoger (>99,9 %).

Tabel 36 Verwijderingsrendementen ultraviolette straling

Stof	Verwijderingsrendement (%)
CZV	0 – 20
Zwevende stof	0
Fosfaat	0 – 20
Stikstof	0 – 20
Ammonium	0 – 20
<i>E.coli</i>	95 – 100
AOC	0 – 20
PCB	0 – 20

stand der techniek en ervaring

UV-straling wordt op dit moment op grote schaal toegepast als desinfecterende zuiveringsstap bij de bereiding van drinkwater. Tevens wordt UV-straling steeds frequenter ingezet als tertiaire zuiveringsstap bij de zuivering van afvalwater. Dit gebeurt voornamelijk op die plaatsen, waar strenge hygiënische eisen zijn gesteld aan het ontvangende oppervlaktewater (bijvoorbeeld recreatie). In Nederland wordt bij twee rwzi's het effluent gedesinfecteerd met UV, te weten rwzi Hellevoetsluis (Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden) en Huizen (Dienst Waterhuishouding en Riolering). Ook in het buitenland, met name de VS, Canada en Frankrijk, wordt UV toegepast voor de desinfectie van effluent. Karakteristieke doseringen voor desinfectie zijn 50-100 mJ/cm².

robuustheid

Het gebruik van UV-straling is op zich een robuust proces. Bij relatief vuile waterstromen kan er sprake zijn van aanslag van lampen die vervolgens moeten worden schoongemaakt. De effectiviteit van het proces wordt in grote mate bepaald door de helderheid van het water, dus de afwezigheid van deeltjes. Voor het controleren van de desinfecterende werking is een continue monitoring noodzakelijk.

eventueel benodigde voor- en nabehandeling

De afwezigheid van zwevende stof is van belang voor de desinfecterende werking van UV-straling. Naarmate de concentratie zwevende stof lager is, kan de benodigde doseerconcentratie UV-straling lager zijn. Een voorgeschakelde filtratiestap is dan ook gewenst.

1.5 Desinfectietechnieken voor transport desinfectie

De meest toegepaste technieken voor transportdesinfectie zijn hieronder vergeleken (tabel 37).

- Hypochloriet (ClO^-/HOCl) is bij de drinkwaterbereiding en industriële waterbehandeling het meest toegepaste desinfectiemiddel. Dit product is goedkoop, effectief en heeft een lange nawerkijd. Bij de dosering van chloor kunnen nevenproducten ontstaan die schadelijk zijn voor de gezondheid bij langdurige consumptie¹. Dit aspect is niet relevant bij 'ander water'gebruik. Belangrijk voordeel van het gebruik van chloorbleekloog is de kleurverwijdering die optreedt door de oxidatieve werking.
- Ozon is een gasvormig product met een krachtige desinfecterende werking. De vervaltijd van ozon in een waterige oplossing is afhankelijk van de temperatuur en pH. Bij een hoge temperatuur ($> 15^\circ\text{C}$) en pH ($> 7,0$) bedraagt de 50%-vervaltijd minder dan 1 uur.
- Waterstofperoxide heeft evenals ozon een krachtige oxidatieve werking. Om de stabiliteit en werkingsgraad te verhogen, worden additieven toegevoegd (deze additieven bestaan uit organische verbindingen die kunnen resulteren in een verhoging van het AOC-gehalte).
- Halogeendonoren (bactericide) zijn complexe organische verbindingen die in een waterige oplossing halogenen (Cl/Br) 'loslaten'. Deze worden toegepast in specifieke procescondities waarbij de directe dosering van chloor en bromide voor desinfectie niet mogelijk is.
- Niet-oxiderende bactericide werkt in op diverse celonderdelen in tegenstelling tot de eerdergenoemde desinfecterende middelen die zijn gebaseerd op een oxidatieve reactie met het celmembraan (o.a. quarternaire stikstofverbindingen, organotinverbindingen, gehalogeneerde aromaten). Belangrijk nadeel van de toepassing van bactericiden bij 'ander water' bereiding zijn de hoge kosten en het persistente karakter van deze middelen.

Tabel 37 Evaluatie toepasbare transportdesinfectiemiddelen

Aspecten ¹⁾	Chlorering	Ozon	Waterstofperoxide	Bactericiden
Complexiteit dosering	+	--	+	+
Betrouwbaarheid	++	+/-	+/-	+/-
Kosten	++	--	+/-	--
Veiligheidsvoorzieningen	-	-	-	-
Verwijdering bacteriën/virussen	+	+	+	+/-
Kleur/Geur verwijdering	+	+	++	--
Bijproducten	-	+/-	+/-	++
Persistentie	+/-	+	+	--

1) + = gunstig, - = ongunstig

¹ Vanwege de vorming van nevenproducten wordt als alternatief chloordioxide toegepast, waarbij geen of slechts in geringe mate schadelijke nevenproducten worden gevormd.

1.6 Natuurlijke zuiveringssystemen

1.6.1 Effluentvijvers

Natte en vochtige biotopen als rivieren, meren en moerassen zijn in staat om na een belasting met organische verontreinigingen de kwaliteit van het water en de leefomstandigheden voor flora en fauna te herstellen. Deze zelfreinigende werking berust op biochemische en mechanische processen. De effluentkwaliteit wordt verbeterd door de egalisatie van concentraties en de reductie van vrachten door bezinking en omzettingprocessen.

verwijderingsrendement

Het verwijderingsrendement van effluentvijvers is in tabel 38 weergegeven [Meinema, 1997].

Tabel 38 Verwijderingsrendementen effluentvijvers

Stof	Verwijderingsrendement (%)
CZV	20 – 40
Zwevende stof	0 – 20
Fosfaat	0 – 20
Stikstof	0 – 20
Ammonium	0 – 20
Koper	20 – 40
Zink	20 – 40
<i>E.coli</i>	40 – 80
AOC	0 – 20
PCB	0 – 20

stand der techniek en ervaring

Vijversystemen zijn voornamelijk te vinden in warmere gebieden met een hoge lichtintensiteit, zoals de tropen en subtropen. Ze worden ingezet omdat de systemen goedkoop en eenvoudig in de bedrijfsvoering zijn. In Nederland zijn effluentvijvers nog nauwelijks toegepast. Ze worden gebruikt als biologisch zuiveringssysteem voor kleine capaciteiten en als tertiaire zuiveringsstap van (doorgaans hoogbelaste) rwzi's. In Duitsland wordt op vrij grote schaal gebruik gemaakt van effluentvijvers, die na een conventionele zuivering zijn geschakeld.

robuustheid

Effluentvijvers zijn zeer robuust als zuiveringsproces en zijn bestand tegen wisselingen in de belasting en na een zekere adaptatietijd ook tegen toxische stoffen. De zuiveringsresultaten zijn sterk afhankelijk van met name de temperatuur.

eventueel benodigde voor- en nabehandeling

Er is geen aparte voor- of nabehandeling nodig voor de toepassing van effluentvijvers.

1.6.2 Helofytenfilters

Helofyten zijn planten die op de grens van land en water of in ondiepe wateren kunnen groeien dankzij de speciale wijze waarop zij hun wortels van zuurstof kunnen voorzien. De zuurstof wordt door de lucht aangevoerd via de bovengrondse bestanddelen naar de wortels [Bosman, jaar].

Een helofytenfilter heeft een biologische werking door de opname van stikstof en fosfor en andere vervuilingen door het riet als groeistoffen. De beworteling van het riet (extra beluchting) heeft een positieve werking op de fysisch-chemische werking van het filter. Deze processen betreffen het vastleggen van vervuilingen aan bodemdeeltjes in het filterbed. Tevens wordt de bacteriologische en virologische betrouwbaarheid van het water verbeterd. Er zijn drie verschillende systemen te onderscheiden:

- **vloeivelden:** horizontale doorstroming over het aardoppervlak langs de bovengrondse plantendelen;
- **infiltratievelden:** verticale doorstroming door de bodem en afvoer via drainage;
- **rietwortelzonezuivering:** horizontale doorstroming van de bodem en langs ondergrondse plantendelen.

verwijderingsrendement

Het zuiveringsvermogen van systemen met helofytenfilters bestaat uit:

- de invang van slib en de daaraan gebonden verontreinigingen;
- opname van fosfor en stikstof door water- en moerasplanten;
- verwijdering van stikstof door nitrificatie en denitrificatie.

De werking is onder meer sterk afhankelijk van met name de temperatuur. De efficiëntie waarmee fosfaat wordt verwijderd uit het effluent wordt beïnvloed door onder andere de hydraulische belasting, de fosfaatbelasting, de vegetatie, het bodemtype, de hydrologie en de ouderdom van het systeem.

stand der techniek en ervaring

In Nederland wordt momenteel op kleine schaal water gezuiverd met behulp van biologische zuiveringssystemen met helofytenfilters (IBA's). De toepassingen variëren van nazuivering van effluent, behandeling van overstortwater als bufferzone om natuurgebieden heen en voor industriële afvalwaterzuivering.

In Nederland zijn helofytenfilters gerealiseerd op de rwzi's Land van Cuijk, Kaatsheuvel en Evertsekoog. Vooral om de concentraties aan nutriënten te verminderen, de zuurgraad te verlagen, de helderheid en de bacteriologische en virologische betrouwbaarheid te verbeteren [3, 4, 6, 12, 13].

robuustheid

Helofytenfilters zijn zeer robuust als zuiveringsproces en zijn bestand tegen wisselingen in de belasting en na een zekere adaptatietijd ook tegen toxische stoffen. De zuiveringsresultaten zijn sterk afhankelijk van de onder het kopje 'verwijderingsrendement' genoemde aspecten. Een helofytenfilter vereist weinig bediening en onderhoud en is goed inpasbaar in de omgeving. De nadelen zijn het relatief grote ruimtebeslag en de mogelijke hinder door stank en insecten.

eventueel benodigde voor- en nabehandeling

Er is geen aparte voor- of nabehandeling nodig voor de toepassing van helofytenfilters.

1.6.3 Biologische filters

algemene beschrijving

Biologische filters zijn doorgaans zand- of actiefkoolfilters, waar op het dragermateriaal een biofilm aanwezig is. Hierbij wordt de filtratiecapaciteit gecombineerd met een biologische werking. Naast filters waarbij voorname-lijk CZV wordt verwijderd kan onderscheid worden gemaakt tussen nitrificerende en denitrificerende filters. Bij nitrificerende filters zal zuurstof moeten worden toegevoegd. Bij denitrificerende filters is doorgaans het toevoegen van een externe koolstofbron als methanol noodzakelijk.

Verder kan nog onderscheid worden gemaakt tussen vastbed-, fluïd- en continu ('moving bed') systemen.

Bij vastbedsystemen is het filtermateriaal in één laag gepakt en stroomt het water op- of neerwaarts door het filter. Bij een waterniveau onder het filterbed wordt gesproken over droogbedfiltratie en wordt het water over het bed versproeid. Dit systeem wordt gebruikt voor aërobe processen. Vastbedsystemen met een vloeistofniveau boven het bed worden verdeeld in up- en downflowreactoren. Beide typen kunnen zowel aëroob als anoxisch worden bedreven.

Bij fluïdbedsystemen stroomt het water in opwaartse richting in een dermate hoge snelheid dat het filtermateriaal gaat fluïdiseren.

Het continu gewassen filter is een opwaarts doorstroomd filter waarbij het vervuilde dragermateriaal continu wordt gewassen in een waskolom. Het gewassen materiaal wordt teruggebracht bovenop het filterbed. Continu gewassen filters worden vooral ingezet op waterstromen met een fluctuerende kwaliteit.

verwijderingsrendement

In tabel 39 is het verwijderingsrendement weergegeven van biologische filters [Meinema, 1997].

Tabel 39 Verwijderingsrendement biologische filters

Stof	Verwijderingsrendement (%)
CZV	40 – 60
Zwevende stof	40 – 80
Fosfaat	0 – 20
Stikstof	80 – 100
Ammonium	80 – 100
Koper	0 – 40
Zink	0 – 40
<i>E.coli</i>	40 – 60
AOC	0 – 20
PCB	0 – 20

stand der techniek en ervaring

Biologische filters worden zowel bij de bereiding van drinkwater als bij de tertiaire zuivering van afvalwater gebruikt.

robuustheid

Vastbedfilters zijn gevoeliger voor grote belastingverschillen (zowel hydraulisch als vrachten) dan fluïdbedfilters. Een grote rol speelt tevens de eventuele dosering van chemicaliën (koolstofbron) of lucht. Deze dienen goed verspreid over het filter te worden gedoseerd teneinde overmatige groei van biomassa of kanaalvorming tegen te gaan. Daarnaast speelt de verwijdering van biomassa uit het filter een grote rol.

eventueel benodigde voor- en nabehandeling

Voor filters geldt in het algemeen dat ze zeer goed kunnen functioneren als tertiaire zuiveringsstap, mits de biologische zuivering een goed verwijderingsrendement heeft. Extra behandelingsprocessen zijn in dat geval niet noodzakelijk.

Bijlage I.2 Gezondheidskundige en ecotoxicologische aspecten

1.1 Inleiding

Wanneer effluent wordt gebruikt voor toepassingen waarbij sprake is van direct contact met mens en dier (drinkwater voor mens en dier of proceswater voedingsmiddelenindustrie) dan spelen gezondheidskundige aspecten een belangrijke rol. Ook voor toepassingen waarbij sprake is van indirect contact met mens en dier zijn gezondheidskundige aspecten van belang. Hierbij kan worden gedacht aan de legionellabesmetting op de West-Friese Flora in Noord-Holland in 1999. Over het algemeen geldt dat per toepassing (drinkwater, zwemwater etc.) normen zijn opgesteld die tot doel hebben de volksgezondheid afdoende te beschermen (zie deel 2). Derhalve dient dan ook aan deze normen te worden getoetst in hoeverre het effluent kan worden toegepast en welke inspanning nog moet worden gepleegd om aan de normen te voldoen. Voor effecten bij lozing op oppervlaktewater met de functie natuur gelden zogenaamde Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR)-waarden die gebaseerd zijn op het voorkomen van ongewenste toxische effecten op organismen in het ontvangende ecosysteem [4^e Nota Waterhuishouding, 1999]. In deze bijlage is een overzicht gegeven van organismen en stoffen die in effluent aanwezig kunnen zijn en die een risico voor de volksgezondheid of ecosystemen vormen. Per groep van organismen of componenten is de schadelijkheid voor de volksgezondheid en de mate van voorkomen in effluent geschat. Een opsomming van potentiële technieken om de component uit effluent te verwijderen is gegeven.

1.2 Micro-organismen

De microbiologische veiligheid is al vanaf het begin van de vorige eeuw één van de belangrijkste kwaliteitsdoelen voor de drinkwatervoorziening. Het is gebleken dat er een directe relatie is tussen de volksgezondheid en de microbiologische waterkwaliteit. Gezien deze directe relatie tussen volksgezondheid en drinkwater is een belangrijke doelstelling van zuiveringsprocessen het verwijderen of inactiveren van pathogene micro-organismen. De pathogene micro-organismen zijn in drie groepen onder te verdelen: bacteriën, protozoa en virussen.

De aanwezigheid van pathogene micro-organismen in effluent is veel minder goed bekend dan de aanwezigheid in de huidige bronnen van de drinkwatervoorziening. Aangezien de huidige normen voor effluent niet voorzien in een regulier meetprogramma voor micro-organismen, worden deze slechts incidenteel gemeten.

1.2.1 Bacteriën

Bacteriologisch betrouwbaar water moet vrij zijn van pathogene bacteriën. Deze eis is vertaald in normen voor bacteriën die een indicatie zijn voor verontreiniging van drinkwater met menselijke of dierlijke fecaliën (bacteriën van de coligroep, fecale streptokokken). In deze paragraaf wordt nader ingegaan op de indicator bacterie *Escherichia coli* en op de pathogene bacteriën *Legionella pneumophilla* en *Campylobacter*.

Escherichia coli

Escherichia coli behoort tot de normale darmflora en komt daardoor in grote aantallen in rioolwater voor. Water waarin *E.coli* voorkomt is waarschijnlijk fecaal verontreinigd en kan dus ook pathogene organismen bevatten. Gezien de aard van de bron van rwzi-effluent zullen er dus met grote zekerheid *E.coli*'s kunnen worden aangetoond. Ditzelfde geldt dus voor pathogene organismen. Veelal wordt in een moderne communale zuiveringsinstallatie een LOG 2-3 verwijdering voor *E.coli*'s bereikt (verlaging van 10^8 in influent naar 10^5 à 10^6 in effluent).

Legionella pneumophilla

Legionella pneumophilla is een staafvormige bacterie met een lengte van 2 – 20 µm en een breedte van 0,3 – 0,9 µm. Deze bacterie wordt als veroorzaker van de zogenaamde veteranenziekte gezien.

aanwezigheid

Legionella is waargenomen in aërobe waterige milieus tussen 5,7 en 63°C. Tussen 32 en 35°C en bij een pH tussen 5,5 en 9,2, vermenigvuldigt *Legionella* zich het best. *Legionella* komt op heel veel plaatsen voor in het watermilieu (grondwater, zoet en zout oppervlaktewater). In de buitenlandse literatuur zijn veel gegevens over *Legionella* in koeltorens te vinden. Boilers en airconditioningsystemen worden ook aangemerkt als potentiële bronnen van *Legionella*. Bij rwzi's zijn de beluchtingbassins het meest kritisch. Juist daar kunnen besmette aerosolen vrijkomen.

Op Hawaï zijn op een rwzi *Legionella* aangetoond, maar niet de ziekteverwekkende soort. Gezien de lagere temperatuur in Nederland lijkt de kans op het voorkomen van problemen met *Legionella* lager dan op Hawaï. De vraag blijft of *Legionella* bacteriën voorkomen in Nederlandse zuiveringsinstallaties [Berbee e.a., 2000].

monitoring

Om risico's te kunnen inschatten adviseert het RIZA om het voorkomen van *Legionella* op rwzi's te monitoren. Overigens geldt dit advies ook voor industriële biologische zuiveringen. Die werken namelijk soms bij hogere temperaturen [Berbee e.a., 2000].

besmettingsroute

Dat de bacterie in oppervlaktewater voorkomt is op zich niet gevaarlijk. De belangrijkste besmettingsroute verloopt door inademing van minuscule kleine waterdruppeltjes (kleiner dan 5 µm) die de bacterie bevatten. De risico's bij zwemmen zijn daarom nihil. Oudere mensen, vooral die met een wat zwakkere gezondheid zijn gevoeliger dan jonge mensen. Echter ook jongere mensen kunnen worden besmet [Berbee e.a., 2000].

infectierisico

Voor *Legionella* is nog geen infectierisico berekend volgens de methodiek die is toegepast bij de berekening van een infectierisico van pathogene protozoa en virussen. Door VROM is een richtlijn opgesteld van 50 n/l. Indien deze waarde wordt overschreden dienen extra metingen en maatregelen te worden getroffen [VROM, 2000]. De drinkwaterbedrijven worden bij wet verplicht om beheersplannen op te stellen.

bestrijding/zuivering

Omdat de *Legionella* bacterie zich verstoort in eencellige organismen blijkt hij heel lastig om chemisch te bestrijden. Membraanfiltratietechnieken, uitgezonderd microfiltratie, lijken wel geschikt om dit organisme te verwijderen uit het water. Ook zou de nog in een experimenteel stadium verkerende pulssterilisator dit organisme volledig kunnen bestrijden [Van Houten, 2000].

Indien eenmaal een verontreiniging met *Legionella* is opgetreden, dient deze in Nederland Thermisch te worden behandeld. Door VROM wordt voorgeschreven om het water in het systeem gedurende een bepaalde tijd te verwarmen tot in ieder geval boven de 60°C. De te hanteren tijdsduur is afhankelijk van de ingestelde watertemperatuur [VROM, 2000]. In de Verenigde Staten wordt geadviseerd om het leidingsysteem zowel chemisch met een mengsel van detergenten en biociden te behandelen en dit aan te vullen met een mechanische reiniging (spuien) [Bardon Water Systems, 1999].

Campylobacter

Campylobacter is feitelijk een groep van spiraalvormige bacteriën die maagdarminfecties in zowel mens als dier kan veroorzaken. De meeste ziektegevallen bij de mens worden door één soort, *Campylobacter jejuni*, veroorzaakt. Vogels kunnen de bacterie bij zich dragen zonder zelf ziek te worden.

aanwezigheid

Bij de Nederlandse drinkwaterbereiding is een aantal locaties aan te wijzen waar de (semi) natuurlijke fauna een significante bron van besmetting met fecaal materiaal kan zijn: de open terugwinreservoirs van de duinwaterbedrijven en spaarbekkens van oppervlaktewaterbedrijven. Met name tijdens de winter is de belasting van deze open reservoirs met watervogels hoog. Watervogels en (water)knaagdieren zijn frequent drager van ziekteverwekkende bacteriën (waaronder *Campylobacter* en *Salmonella*) en protozoa die via drinkwater infecties kunnen veroorzaken, zodat fecale verontreiniging door deze bron een gezondheidsrisico kan inhouden. De *Campylobacter* concentratie ligt tussen 0,4 en 46 per 100 ml in reservoirs en tussen 0,2 en 11 per 100 ml in de spaarbekkens. *Campylobacter* is in 25 % van de fecesmonsters van wilde eend en kookmeeuw aangetroffen. Een deel van *Campylobacter* serotypen die in het water zijn gevonden kwam overeen met serotypen die als veroorzaker van maagdarminfecties bij de mens zijn aangetroffen.

monitoring

De aantalsverhouding tussen *Campylobacter* en indicatororganismen voor fecale verontreiniging (de standaard microbiologische parameters) in een onderzoek van het RIVM bij drinkwater-bedrijven was hoog (respectievelijk 1:0,02-1:33 in terugwinreservoirs en 1:2-1:500 in spaarbekkens) in vergelijking met door rioolozingen verontreinigd oppervlaktewater. Deze aantalsverhouding wordt gezien als een veiligheidsmarge [RIVM, 1996].

besmettingsroute

De besmetting met *Campylobacter* via de consumptie van water is een belangrijke besmettingsroute. Hierbij blijkt de aanwezigheid van feces van besmette vogels de belangrijkste bron van besmetting te zijn. Tevens kan uit het RIVM onderzoek naar spaarbekkens (zie monitoring) geconcludeerd worden dat de aanwezigheid van open water in een zuiveringsproces een risico vormt voor de besmetting van het water met *Campylobacter* door vogels.

infectierisico

Voor *Campylobacter* bacteriën is op basis van het uitgangspunt dat een jaarlijks infectierisico van 1 op de 10.000 consumenten is toegestaan een norm in drinkwater voorgesteld van $5,8 \times 10^{-6}$ n/ml en van 10 n/ml in huishoudwater [RIVM, 1999; Hynen, 1999].

bestrijding/zuivering

Voor de verwijdering van *Campylobacter* zijn diverse technieken beschikbaar. Van de technieken in onderstaande tabel 40 is in de praktijk bewezen dat ze de genoemde rendementen halen.

Tabel 40 Zuiveringstechnieken *Campylobacter* [Hijnen, 1999]

Techniek	Verwijderingrendement (%)
Snelfiltratie	0 – 97
Langzame zandfiltratie	> 98
Coagulatie-filtratie	> 98
Chloordioxide	99,9

1.2.2 Protozoa

Voor de volksgezondheid zijn met name de protozoa *Cryptosporidium* en *Giardia* van belang. *Cryptosporidium* is een darmparasiet die tot ziekte en zelfs sterfte bij de mens (zoogdieren) kan leiden. Er is een aantal soorten beschreven. *C.parvum* is de belangrijkste ziekteverwekker voor de mens en landbouwhuisdieren, *C.baileyi* en *C.meleagridis* bij vogels, *C.serpentis* bij reptielen en *C.nasorum* bij vissen [Fayer e.a., 1990]. *Cryptosporidium* kan van het ene zoogdier op het andere worden overgedragen; overdracht van en naar andere klassen gewervelde dieren treedt echter niet of nauwelijks op.

De infectie wordt veroorzaakt door het inslikken van oöcysten, het overlevingsstadium van protozoa. Deze oöcysten zijn ovaalrond met een diameter van 3-7 µm. Bij personen met een verstoorde afweer (bijv. AIDS) kan *Cryptosporidium* levensbedreigende infecties veroorzaken met heftige diarree, resulterend in ernstige dehydratatie. De infectie kan zich naar andere organen verspreiden. Er is nog geen effectieve therapie voorhanden voor het behandelen van deze ernstige infecties [Medema & Ketelaars, 1995].

Giardia wordt wereldwijd gezien als een van de meest voorkomende diarreeverwekkende parasieten. Er zijn verschillende *Giardia* soorten beschreven, waaronder: *G. lamblia* bij mensen, overige zoogdieren, vogels en reptielen; *G. agilis* bij amfibieën; *G.muris* bij knaagdieren vogels en reptielen; *G. adae* bij vogels. Mogelijk kan overdracht van zoogdieren op de mens optreden [Davies & Hibler, 1979; Erlandsen e.a., 1988; Belosevic & Faubert, 1990]. De infectie wordt veroorzaakt door het inslikken van de oöcysten, het overlevingsstadium. Deze oöcysten zijn ovaalrond met een lengte van 8 – 18 µm en een breedte van 5 – 15 µm. Een *Giardia*-infectie kan leiden tot een acute en chronische darminfectie of tot a-symptomatisch dragerschap, dus zonder ziekteverschijnselen. Therapie is voor een acute infectie meestal niet nodig. Een chronische infectie is in meer dan 80% van de gevallen te bestrijden met antibiotica [Casemore, 1985].

aanwezigheid

Cryptosporidium en *Giardia* komen in oppervlaktewater terecht door lozingen van al dan niet gezuiverd rioolwater, afspoeling van mest van landbouwhuisdieren (vooral voor *Cryptosporidium*) en in het wild levende dieren. In rioolwater zijn *Cryptosporidium*- en *Giardia*-concentraties gevonden van respectievelijk 28 – 13.700 per l en 3,7-3.800 per l. De rioolwaterzuivering verwijdert de (oö)cysten ten dele; in secundair effluent werden *Cryptosporidium*-concentraties gemeten van 4 – 15.000 [Rose e.a., 1986; Madore e.a., 1987]. Mest van landbouwhuisdieren is een zeer significante bron van *Cryptosporidium*. In oppervlaktewater komen *Giardia* en *Cryptosporidium* algemeen voor. De gemiddelde aantallen (oö)cysten liggen rond 0,1 – 1 per liter met maxima tot enkele honderden per liter [Exner & Gornik, 1990; LeChevallier e.a., 1991; Rose e.a., 1991; Smith e.a., 1991 & 1993].

besmettingsroutes

Cryptosporidium en *Giardia* kunnen via verschillende routes overgedragen worden. Aangezien de infectieuze (oö)cysten zich in de feces bevinden zijn alle routes fecaal-oraal. Directe routes zijn besmetting door contact met geïnfecteerde mensen of dieren. Indirecte routes zijn besmetting van (drink)water of levensmiddelen. Van de indirecte routes zijn drink- en zwemwatercontact de belangrijkste. De mogelijkheden voor overdracht van deze parasitaire protozoa via water worden versterkt door:

- de lage infectieuze dosis;
- een volledige levenscyclus in één gastheer;
- uitscheiding van hoge aantallen zeer resistente (oö)cysten) door geïnfecteerd organisme;
- hoge resistentie tegen desinfectiemiddelen;
- geringe omvang (3 – 18 µm);
- brede range van gastheren.

monitoring

Om de verwijdering van protozoa te bepalen door de zuivering kan gebruik worden gemaakt van de veel eenvoudiger te meten en voor de volksgezondheid onschadelijke sporen van sulfiet reducerende *Clostridia*.

infectierisico

Een maximaal toelaatbare concentratie *Cryptosporidium* of *Giardia* kan worden berekend op basis van het uitgangspunt dat <1 per 10.000 personen per jaar via drinkwater of huishoudwater geïnfecteerd mag worden (tabel 41).

Tabel 41 Maximaal Toegestane Gemiddelde Concentraties Protozoa voor een jaarlijks infectierisico van 10⁻⁴ [Hijnen, 1999]

Organisme	Drinkwater (n/l)	Huishoudwater (n/l)
<i>Giardia</i>	5,5 x 10 ⁻⁶	0,5
<i>Cryptosporidium</i>	2,6 x 10 ⁻⁵	0,2

bestrijding/verwijdering

In onderstaande tabel 42 zijn de technieken en bijbehorende zuiveringsrendementen weer-gegeven waarmee *Cryptosporidium* en *Giardia* kunnen worden verwijderd. Ook is op basis van het onderzoek door het RIVM op de rwzi Ede aangegeven welke zuiveringsrendementen de huidige generatie rwzi's heeft. De benodigde eliminatiecapaciteit om huishoudwater uit effluent te bereiden bedraagt: 3 - 5 log voor *Cryptosporidium* en 2 - 4 log voor *Giardia*.

Tabel 42 Zuiveringsprocessen voor verwijdering Protozoa

Techniek	eliminatiecapaciteit (LOG-eenheden)	
	<i>Giardia</i>	<i>Cryptosporidium</i>
huidige generatie RWZI	0 - 2	0 - 2
Chloor	0 - 2	0
Chloordioxide	0 - 1	0
Ozon	1 - 4	0 - 1
UV	0 - 1	0 - 1
Snelfiltratie	0	0
Langzame zandfiltratie	1,2 - > 3,7	1,2 - > 3,7
Actiefkoolfiltratie	0	0
Membraanfiltratie	>4	>4
Coagulatie snelfiltratie	2 - 2,5	2 - 2,5
Bodeminfiltratie	>2 - >5	>2 - >5
Bekkenopslag	0,5 - 2	0,5 - 2

1.2.3 Virussen

Een virus is geen organisme, maar een samenstel van organische stoffen op de grens van levende en dode materie. In aanraking met virusdeeltjes kunnen daartoe geschikte cellen nieuwe virusdeeltjes aanmaken. De afmeting van virussen varieert tussen de 10 – 300 nm. Uit oogpunt van risico's voor de volksgezondheid van de drinkwatervoorziening is de groep enterovirussen van betekenis. Deze groep virussen zijn onder andere veroorzakers van geelzucht en kinderverlamming.

aanwezigheid

De aanwezigheid van virussen hangt vaak samen met (humane) fecale verontreinigingen. In de Rijn en Maas worden gemiddelde concentraties enterovirussen aangetroffen tussen 2 en 15 n/l. In het effluent van de rwzi Ede zijn tijdens de pilootonderzoeken in de maanden mei t/m juni 1999, na nabehandeling van effluent, door het RIVM acht Enterovirussen per 100 ml aangetoond. Dit is dus een factor 5 -10 hoger dan de gemiddelde concentratie in de Rijn en Maas [Witteveen+Bos, 1999].

besmettingsroutes

Naarmate de dekkingsgraad van de drinkwatervoorziening toeneemt, blijkt uit de afname van virale infectieziekten dat drinkwater een belangrijke besmettingsroute is wanneer grondwater als bron wordt toegepast, is door de afwezigheid van virussen in het grondwater de besmettingskans door het uitvallen van de zuivering zeer gering. Indien effluent of oppervlaktewater wordt gebruikt worden belangrijke eisen gesteld aan de zuivering met betrekking tot de verwijdering van virussen.

monitoring

Om de aanwezigheid in de bron en de verwijdering door de zuivering van virussen te bepalen wordt over het algemeen gebruik gemaakt van indicatorbacteriën voor fecale verontreinigingen. Voor het bepalen van de verwijderingscapaciteit van de zuivering kan gebruik gemaakt worden van MS2-bacteriofagen die veel eenvoudiger zijn te meten.

infectierisico

Op basis van een maximaal aanvaardbaar besmettingsrisico van 10^{-4} per jaar blijkt dat de maximaal toelaatbaar gemiddelde concentratie van Rotavirussen $2,2 \times 10^{-7}$ n/l in drinkwater en 0,1 n/l in huishoudwater is.

verwijdering/bestrijding

In tabel 43 is aangegeven welke technieken kunnen worden toegepast om virussen te verwijderen.

Tabel 43 Zuiveringstechnieken voor verwijdering virussen

Techniek	Eliminatiecapaciteit (log-eenheden)
Chloor	2 - >4
Chloordioxide	1 - 3
Ozon	2 - >3
UV	2 - 5
Snelfiltratie	0
Langzame zandfiltratie	1,5 - > 3
Actiefkoolfiltratie	0
Membraanfiltratie	3 - 5
Coagulatie snelfiltratie	1 - 2
Bodeminfiltratie	>2 - >5
Biologische zuivering	0 - 2 ¹
Bekkenopslag	1 - 2,5

¹ Gebaseerd op metingen rwzi Ede [Witteveen+ Bos, 1999]

1.3 Algen

Algen kunnen stoffen verspreiden die schadelijk kunnen zijn voor de volksgezondheid (met name blauwalgen- dermatoxinen, cyaniden). Daarnaast kunnen algen door rotting aanleiding geven tot stankoverlast of een voedingsbodem vormen voor nagroei van micro-organismen.

aanwezigheid

Algen komen voor in oppervlaktewater en in effluent. Algen kunnen zich vermeerderen in dit water. De aanwezigheid van nutriënten en licht is hierbij een belangrijke voorwaarde. In de uitgevoerde haalbaarheidsstudies naar gebruik van effluent is de aanwezigheid van algen geen aandachtspunt geweest. Wel is de potentie van nagroei (o.a. algen) een punt van aandacht.

risicobeoordeling

Er is geen risicobeoordeling van de aanwezigheid van algen. Ook zijn er geen concrete drink-waternormen of MTR-waarden voor de aanwezigheid van algen. Wel is de aanwezigheid van algen een belangrijk aandachtspunt voor drinkwaterbedrijven die oppervlaktewater als bron hebben en voor de praktijkonderzoeken naar huishoudwaterlevering aan IJburg [mondelinge mededeling GWA, 2000].

verwijdering

Een zuivering bestaande uit vlokmiddeldosering, ultrafiltratie en langzame zandfiltratie lijkt een biologisch stabiel water op te kunnen leveren [Witteveen-Bos, 2000].

1.4 Organische microverontreinigingen

Organische microverontreinigingen zijn organische verontreinigingen die in water in lage concentraties voorkomen ($\mu\text{g/l}$). In de praktijk van de drinkwaterzuivering gaat het vooral om bestrijdingsmiddelen en afbraakproducten daarvan. Een groep stoffen die de laatste tijd in de belangstelling staat zijn de xeno-oestrogenen.

aanwezigheid

Tijdens een inventarisatie van de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen in rwzi-effluent zijn 33 bestrijdingsmiddelen aangetoond. Van 14 van deze stoffen zijn concentraties hoger dan $0,1 \mu\text{g/l}$ gemeten. De aangetroffen concentraties lagen gemiddeld hoger dan door het RIVM gerapporteerde waarden voor regenwater. Uit een vergelijking blijkt dat de totale bijdrage van rwzi-effluent aan de totale emissie van bestrijdingsmiddelen naar oppervlaktewater varieert van 8 - 30% [STOWA 1997]. De verschillende bestrijdingsmiddelen hebben vaak een specifieke periode waarin ze gebruikt worden. Dit betekent dat ze ook in die periode in oppervlaktewater (via afspoeling) of in het effluent van rwzi's kunnen voorkomen.

risicobeoordeling

De norm voor het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in drinkwater ligt op $0,1 \mu\text{g/l}$. Deze norm is een zeer veilige grens als het gaat om bescherming van de volksgezondheid. De relatie met de schadelijkheid van de individuele stoffen is door deze algemene norm niet aanwezig.

Voor een beoordeling van risico's voor de volksgezondheid van de aanwezigheid van organische microverontreinigingen in effluent zijn de "Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (MTR)-waarden" een zeer waardevol instrument. Deze waarden zijn gebaseerd op een effect op organismen. Deze MTR-waarde ligt voor herbiciden veelal boven de $0,1 \mu\text{g/l}$, terwijl deze voor insecticiden vaak hieronder ligt.

Bij het beoordelen van de risico's voor het toepassen van effluent is in diverse studies uitgegaan van de drinkwaternorm van $0,1 \mu\text{g/l}$ om te beoordelen of een aanvullende zuivering nodig was [9, 18, 21, 22].

verwijdering/bestrijding

Voor het verwijderen van organische microverontreinigingen uit effluent kunnen oxidatieve technieken worden ingezet (ozon, peroxide, UV, chloor). Het nadeel van deze technieken kan zijn dat er nieuwe stoffen worden gevormd, die ook een toxische werking hebben. Een voorbeeld hiervan is de vorming van bromaat (bij toepassing ozon) of chlooramines (bij toepassing chloor).

Actieve kool is een techniek die met name apolaire (slecht in water oplosbare) bestrijdingsmiddelen verwijderd. Er is echter een toename in het gebruik van polaire bestrijdingsmiddelen, aangezien deze over het algemeen sneller afbreken. Daardoor zal een koolfiltratie zonder aanvullende zuiveringsstappen geen afdoende barrière voor organische microverontreinigingen zijn.

1.5 (Zware) metalen

Metalen zijn in principe milieu-eigen stoffen. Het gaat hierbij om cadmium, kwik, koper nikkel, lood, zink, chroom en arseen. Naast de zware metalen zijn er ook drinkwaternormen voor metalen als aluminium, ijzer en mangaan. Met name voor aluminium is de drinkwaternorm gebaseerd op risico's voor de volksgezondheid.

voorkomen

Een aantal zware metalen komen in verhoogde concentraties in effluent voor als gevolg van toepassing van deze metalen in de drinkwatervoorziening (koper), in de regenwaterafvoer (zink) of in industriële processen [4^e Nota Waterhuishouding, 1999].

risicobeoordeling

In tabel 44 zijn de MTR-waarden voor oppervlaktewater [4^e Nota Waterhuishouding, 1999], de concentratie in oppervlaktewater om drinkwater te mogen bereiden (klasse I of III zuivering vereist) [Waterleidingbesluit, 1984] en de in effluent aangetoonde concentraties (zware) metalen naast elkaar gezet [Bosman, 1997].

Tabel 44 Vergelijking normen en aanwezigheid in effluent van zware metalen

Metaal	Eenheid	Bronkwaliteit drinkwater-norm ¹		MTR-waarde oppervlaktewater ²	Effluent ^{1,2}
		klasse I	klasse III		
Cadmium	µg/l Cd	1,5	5	0,4	< 0,04 – 0,095
Koper	µg/l Cu	50	50	<u>1,5</u>	1 – <u>80</u>
Nikkel	µg/l Ni	n.b.	n.b.	<u>5,1</u>	< 1 – <u>20</u>
Lood	µg/l Pb	30	50	11	< 0,5 – 1,5
Zink	mg/l Zn	200	3000	<u>9,4</u>	<u>13</u> – <u>250</u>
Chroom	mg/l Cr	20	50	<u>8,7</u>	< 1 – <u>33</u>
Kwik	mg/l Hg	0,3	1	<u>0,2</u>	< 0,05 – 2

1: waarde - normoverschrijding effluent bronkwaliteit drinkwater; 2: waarde - normoverschrijding MTR oppervlaktewater

Uit tabel 44 blijkt dat het effluent in principe niet geschikt is voor de drinkwaterbereiding en een aanvullende zuivering behoeft om te voldoen aan MTR-waarden voor metaalconcentraties. Wat de toepassing van effluent voor de drinkwaterbereiding betreft kan de minister van VROM ontheffing verlenen indien er geen geschikt oppervlaktewater voorhanden is. Een voorwaarde is wel dat dan wordt aangetoond dat een zodanige zuivering wordt toegepast dat water kan worden geproduceerd dat voldoet aan de drinkwaternormen (artikel 17e waterleidingbesluit).

Bijlage I.3 Kostprijs technieken en procesoptimalisatie

1.1 Kosten per zuiveringstechniek

In tabel 45 is een opsomming gegeven van de zuiveringskosten per techniek. Deze kosten zijn overgenomen uit de geïnventariseerde onderzoeken, praktijktoepassingen en de beschikbare literatuur.

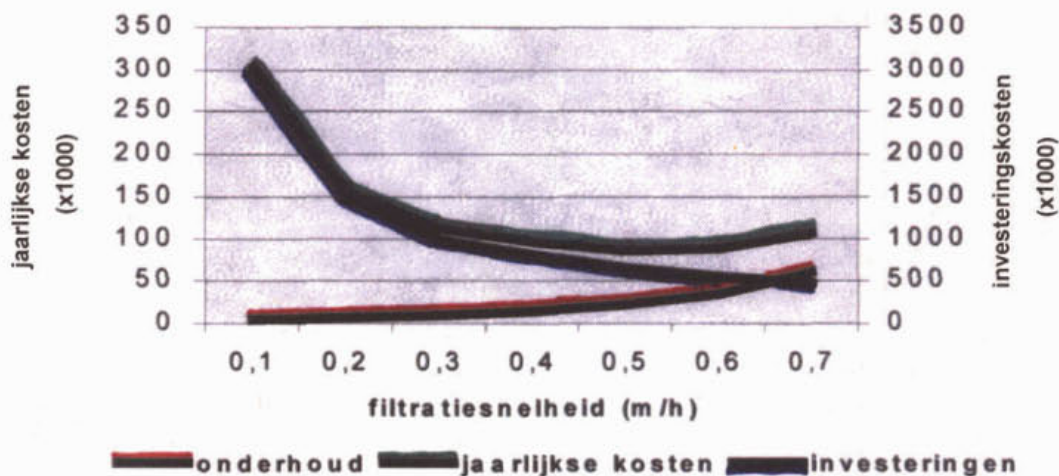
Tabel 45 Zuiveringskosten per m³ behandeld water per techniek (> 50 m³/h)

Techniek	Kostprijs ¹⁾ per m ³
Coagulatie/sedimentatie	f 0,25 – f 1,65
Magnetische separatie	f 0,20 – f 0,50
Snelfiltratie	f 0,10 – f 0,50
Microzeven	f 0,30 – f 0,50
Bodempassage	f 0,10 – f 0,50
Membraanfiltratie (micro/ultra)	f 0,40 – f 1,00
Membraanfiltratie (nano/RO)	f 1,00 – f 3,00
Membraanbioreactor	f 4,00 – f 10,00
Electrodialyse	f 0,75 – f 2,00
Actief koolfiltratie	f 0,25 – f 0,50
Ionenwisseling	f 1,00 – f 3,00
Chemische Oxidatie	f 0,03 – f 0,15
UV-desinfectie	f 0,03 – f 0,10
Natuurlijke zuiveringssystemen	f 0,03 – f 0,50
Biologische filters	f 0,10 – f 0,30

1) gebaseerd op opbouw zuiveringskosten tabel I-3.2

1.2 Effect procesinstellingen op kostprijs

Optimale procesinstellingen zullen in de praktijk proefondervindelijk moeten worden bepaald. Deze optimale procesinstelling wordt bepaald door enerzijds technische randvoorwaarden en anderzijds de investerings- en onderhoudskosten. In afbeelding 21 is een fictief voorbeeld voor een langzaam zandfilter weergegeven. Als gevolg van een toenemende (ontwerp)filtratiesnelheid zullen de investeringskosten afnemen en de onderhoudskosten toenemen. De filtratiesnelheid zal zodanig moeten worden gekozen dat de jaarlijkse kosten minimaal zijn. Daarbij geldt dat het effect van de filtratiesnelheid op de investeringskosten vooraf bekend is, maar dat het effect van de filtratiesnelheid op de (proces) onderhoudskosten proefondervindelijk moet worden vastgesteld.



Afbeelding 21 Effect filtratiesnelheid langzame zandfiltratie op jaarlijkse kosten (fictief)

1.3 Opbouw zuiveringskosten

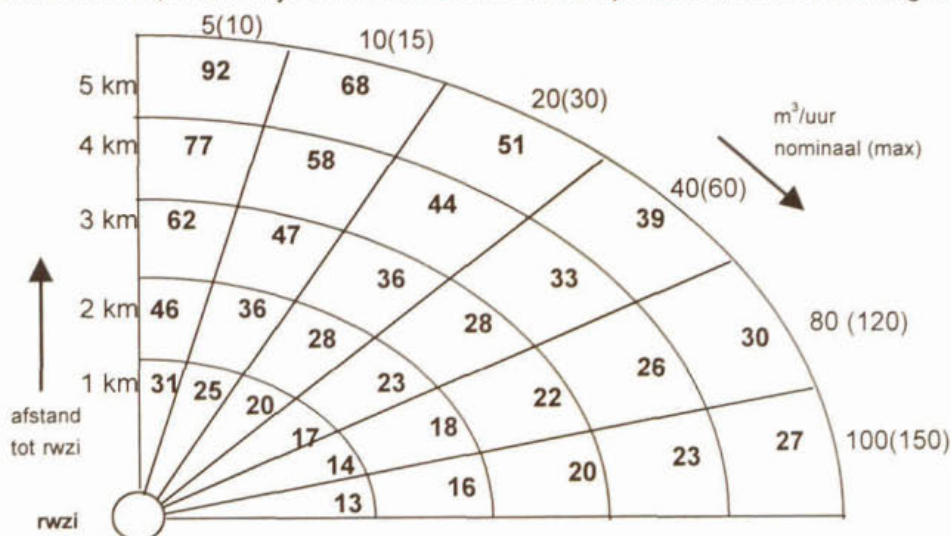
In tabel 46 is een overzicht gegeven van onderdelen die in kostberekeningen van zuiveringen een rol spelen.

Tabel 46 Onderdelen zuiveringskosten

Kostenpost	Toelichting
Kapitaalkosten f /jaar, f /m ³)	Berekening over totale investering zijnde bouwkosten inclusief staartkosten volgens gehanteerde afschrijvingsmethodiek
Bouwkosten, Constructie (f)	Afschrijvingstermijnen
- civiele installatie (C)	- C: 10 tot 40 jaar
- mechanische installatie (M)	- E/M: 2 tot 15 jaar
- elektrotechnische installatie (E)	Rente: 6 – 8 %
	Onvolledigheid: 0 – 30% van de bouwkosten
Staartkosten	Staartkosten: 20 tot 100 % van bouwkosten
- onderzoek en engineering	
- overhead	
- financiering	
- risicoverzekering	
- heffingen en omzetbelasting	
- onvoorzien	Onvoorzien: 0 – 30% van de bouwkosten
Variabele kosten	
- energie	Inschatting op basis van kengetallen of resultaten van praktijkonderzoek. Bij full-scale toepassingen op basis van werkelijke kosten en nacalculatie
- chemicaliën	
- onderhoud	
- personeel	
- membraanvervanging	
- slibbehandeling en verwerking reststromen	
- overige kosten	
Exploitatiekosten	
- kapitaallasten	
- variabele kosten	
- overhead, risico, winst	

1.4 Transportkosten

De kosten voor transport van water van de rwzi naar de klant zullen afhangen van de wijze van transport (kanaal of leiding), afstand en leveringsomvang. In afbeelding 22 is aangegeven hoe de specifieke kostprijs voor distributie varieert, afhankelijk van het debiet en de transportafstand via een leidingstelsel.



Afbeelding 22 Transportkosten (ct/m³)

Bijlage I.4 Leveringszekerheid

De leveringszekerheid kan als volgt in een formule worden uitgedrukt [VEWIN, 1994]:

$$\text{Leveringszekerheid} = \left[1 - \frac{\text{kans} * \text{duur} * \text{effect}}{\text{ongestoorde vraag}} \right] * 100 \%$$

De term *kans * duur * effect* staat voor het aantal keren dat als gevolg van een calamiteit, zijnde uitval van een element van het (drink)watersysteem, niet voldoende water wordt geleverd.

In de VEWIN-richtlijn geldt als uitgangspunt dat ieder element van een *drinkwatersysteem* kan en zal uitval- len. Dit wordt in de formule ingebracht door de term *kans * duur* gelijk te stellen aan 1. Het is niet van belang hoe lang of hoe vaak een calamiteit optreedt; wel dat het op enig moment zal optreden (in hoeverre dit uitgangspunt ook geldt voor 'ander water' systemen wordt in het navolgende nader bekeken). Door de betref- fende term op "1" te stellen, vervalt de invloed op het niveau van de leveringszekerheid.

Dit reduceert de formule tot de volgende:

$$\text{Leveringszekerheid} = \left[1 - \frac{\text{effect}}{\text{ongestoorde vraag}} \right] * 100 \%$$

De term *effect* geeft de hoeveelheid water weer die niet is geleverd tijdens het optreden van een calamiteit. Als bij het optreden van een calamiteit 20% van de oorspronkelijke vraag niet is geleverd, bedraagt de leve- ringszekerheid 80%.

De benadering van de leveringszekerheid op deze wijze richt zich dus op de uitval van individuele elementen en niet op de totale beoordeling van een systeem middels een risicoanalyse. Een risicoanalyse houdt in het analyseren en beheersen van de term *kans * duur* en is de meer klassieke benadering van leveringszeker- heid. Het buiten beschouwing laten van de risicoanalyse sluit aan bij het uitgangspunt dat een waterleiding- bedrijf tijdens calamiteiten de reguliere drinkwatervoorziening op een zeker minimum niveau dient te hand- haven.

Bij de levering van *drinkwater* is de verplichting om een bepaalde leveringszekerheid te waarborgen wettelijk vastgelegd. Door de VEWIN is de volgende richtlijn voor de leveringszekerheid opgesteld:

Bij uitval van één element van het drinkwatersysteem dient in zwaartepunten van verbruik, het reste- rend leveringsvermogen van het systeem op dagbasis groter te zijn dan 75 % van de maximum dag.

Indien *effluent* wordt ingezet als bron voor de watervoorziening, is de gewenste leveringszekerheid afhanke- lijk van het product dat geleverd wordt en de afspraken met de afnemer. Hierbij speelt de mogelijkheid om in geval van calamiteit terug te kunnen vallen op een andere bron (drinkwater, oppervlaktewater, grondwater, regenwater). De aannahme die voor de drinkwaterlevering wordt gemaakt, dat ieder element *kan* en *zal* uitval- len, is voor de levering van 'ander water' niet noodzakelijk. Bij de levering van 'ander water' wordt de term *kans * duur* niet gelijk aan "1" gesteld; er wordt echter een beoordeling gemaakt via een risicoanalyse.

In de VS zijn concrete eisen gesteld aan de betrouwbaarheid van de levering. Door de afzonderlijke staten zijn deze eisen opgesteld en tevens zijn ze gedifferentieerd per toepassing [EPA, 1992]. Aangezien effluent in Nederland nog nauwelijks wordt ingezet als bron voor de watervoorziening, is het niet mogelijk met Neder- landse praktijkvoorbeelden te illustreren hoe bij de inzet van effluent met de leveringszekerheid wordt omge- gaan. Per toepassing (deel 2) is daarom op basis van de richtlijn voor de drinkwatervoorziening en de speci- fieke eisen op hoofdlijnen richting gegeven aan de leveringszekerheid. Tevens zijn aandachtspunten ge- noemd en is verwezen naar de richtlijnen in de VS [EPA, 1992; (appendix A)].

Bijlage I.5 Milieueffecten per techniek

Zoals in bijlage I.1 is beschreven bestaan er vele technieken om effluent te zuiveren. In deze paragraaf zijn de milieueffecten beschreven van de technieken die zijn opgenomen in de zuiveringsopzetten van deel 2 (Toepassingen). In tabel 47 zijn de belangrijkste aandachtspunten genoteerd met betrekking tot een beoordeling van de milieueffecten per techniek.

Tabel 47 Milieueffecten per zuiveringstechniek

Techniek	Ruimtebeslag	Afvalproductie	Chemicaliëngebruik
Coagulatie, flocculatie en sedimentatie	0,5 – 2 m ² per behandelde m ³ /uur	slib	vlokmiddelen, hulpvlok-middelen
Magnetische separatie	gering	slib	200mg kalk per m ³ + poly-elektroliet
Snelfiltratie	0,2 - 0,03 m ² per behandelde m ³ / uur	spoelwater	geen
Microzeven	gering	spoelwater	geen
Bodemfiltratie	2 - 10m ² per behandelde m ³ /h	regeneratie (evt. chemisch)	(evt. voor regeneratie, incidenteel)
Membraanfiltratie	gering	spoelwater (MF,UF) concentraat (NF, RO)	anti scalant, anti fouling
Membraanbioreactor	gering	slib	geen
Elektrodialyse	gering	concentraat (BRIJN) + spoelwater	vlokmiddelen, olyelectro-lieten, reiniging met zuren en basen
Actiefkoolfiltratie	0,1-0,03 m ² per behandelde m ³ /uur	regeneraat en actief kool	bij chemische regeneratie
Ionenwisseling	gering	regeneraat	bij regeneratie
Ozon	contactruimte, gering	actief kool ten behoe-ve van gasreiniging	zuurstof
Waterstofperoxide	gering	geen	geen
Chlorering	gering	geen	chloor
Chloordioxide	gering	geen	chloor
Ultraviolette straling	gering	geen	geen
Helofytenfilters	2 - 10m ² per behandelde m ³ /h	maaisel	geen
Biologische filters		slib	geen
Langzame zandfilters	2 - 10m ² per behandelde m ³ /h	slib + zand	geen

Bijlage II Inventarisatie effluentgebruik

Bijlage II-1 Overzicht haalbaarheidsstudies effluentgebruik in Nederland

Instantie(s)	Rwzi	Product(en)	Omschrijving	Jaar	Resultaat/conclusie	Ref.
Ws Zuiderzeeland	Almere	huishoudwater industriewater	Bronnenstudie Noorderplassen West	1997	Niet gekozen voor effluent vanwege hoge zuiverings- en transportkosten (debiet = 83.000 m³/jaar)	[23]
	Almere	huishoudwater industriewater	Synergievoordelen bij centrale levering	1998	Aanzienlijke kostenbesparing door schaalvergroting (debiet = 2.247.100 m³/jaar) Wegens ontbreken van maatschappelijk draagvlak onderzoek stopgezet	[10]
Ws Fryslân	Ameland	drinkwater landbouwwater natuurwater recreatiewater	Onderzoek toepassingsmogelijkheden	1997	Nazuivering noodzakelijk, toepassing van membraanfiltratie of helofytenfilters	[11]
GWA	Amsterdam-Oost	huishoudwater	Bronnenstudie	1999	Niet gekozen voor effluent i.v.m. beschikbaarheid andere bron (oppervlaktewater)	[GWA, 1997]
Ws Veluwe	Apeldoorn	huishoudwater	Haalbaarheid binnen bepaalde kostprijs en bepaald ruimtegebruik	1999	Huishoudwaterlevering bleek haalbaar, onderzoek heeft geresulteerd in pilot (bij DOW chemical)	[Grontmij]
Zs Rivierenland WG	Arnhem-Zuid	huishoudwater	Haalbaarheidsonderzoek naar levering huishoudwater uit effluent in nieuwe wijk in Arnhem-Zuid	2000	Medio 2000 worden de resultaten verwacht	[P]
Hhs West-Brabant DeltaNuts	Baarle-Nassau	viswater	Haalbaarheidsonderzoek	1998	Niet gekozen voor effluent wegens hoge zuiveringskosten	[W]
	Drie Ambachten	proceswater ketelvoedingswater	Oriëntatie en haalbaarheid	1995	Onderzoek heeft geresulteerd in fullscale onderzoek	[Grontmij]
Ws Zeeuws Vlaanderen	Delfzijl	industriewater	Globaal onderzoek bron voor industriewater	1998		[S]
Ws Noorderzijlvest	Driebergen	MTR-kwaliteit	Inventarisatie, literatuurstudie	1997	Naar aanleiding van haalbaarheidsstudie pilotonderzoek gestart	[H2O, 1999] [D]
Ws Stichtse Rijnlanden	Ede	huishoudwater industriewater	Inventarisatie toepassingsmogelijkheden, zuivering, transport en kosten	1997	Huishoud- en industriewater mogelijk, pilotonderzoek opgestart	[X]
Ws Vallei & Eem NV Nuon water RIZA Stowa TUD	Ede	huishoudwater industriewater	Langaamzandfiltratie	1999	LZF mogelijke zuiveringsstap voor biologische stabiliteit en hygiënische betrouwbaarheid	[9] [X]
Ws Vallei & Eem Ws Veluwe NV Nuon water WMN	Emmen	gielwater industriewater huishoudwater	Onderzoek toepassingsmogelijkheden	1999	gielwater: met ontzouting te hoge kosten industriewater: nader onderzoek naar gewenste kwaliteit huishoudwater: perspectiefvolle optie	[5]

Instantie(s)	Rwzi	Product(en)	Omschrijving	Jaar	Resultaat/conclusie	Ref.
Zs Regge en Dinkel WMO	Enschede	industriewater	Haalbaarheidsstudie inzet effluent i.p.v. oeverfiltraat	2000	Nog geen resultaten bekend	[F]
Ws Rijn en IJssel WG	Elten	infiltratiewater huishoudwater industriewater	Inventarisatie toepassingen en zuiverings-technieken	1999	Inzet infiltratiewater mogelijk na zuivering UF en NF óf na UF, Ozon, AK en snelfiltratie; inzet industrie- en huishoudwater na zuivering vlokkingsfiltratie, beluchting en desinfectie	[18]
	Goor	industriewater	Oriëntatie	2000	Overtoellig grondwater uit nabegelegen woonwijk vormde beter alternatief	[F]
Hhs Schieland	Groenendijk	industriewater	Haalbaarheidsstudie inzet proceswater	1998	Geen mogelijkheden voor effluent, i.v.m. hoge transportkosten omdat er geen industrieën of VINEX locaties nabij liggen	[B]
Hhs Delfland	Harnaschpolder	gielwater	Zuivering en transport, kosten	1998	Niet gekozen voor effluent i.v.m. hoge kosten en beschikbaarheid andere bron	[22] [G]
Zs HEW	Hoogvliet	industriewater ketelvoedingswater	Haalbaarheidsonderzoek	1999	Industriewaterlevering haalbaar, pilotonderzoek gestart	
Hhs Stichtse Rijnlanden WMN	Houten	huishoudwater	Bepalen uitgangspunten, dimensionering en kostenraming	1998	NB	[D]
Zs Limburg WML e-water Group	Kaffeberg	industriewater	Inventarisatie toepassingsmogelijkheden (marktonderzoek)	1999	Mogelijkheden voor huishoudwaterlevering en voor industriewater indien klustering bedrijven. Pilotonderzoek gestart.	[L]
Zs Rivierenland	Nijmegen	Industriewater	Haalbaarheidsonderzoek, nazuivering met zanfiltratie en membraanfiltratie	1999	Inzet van effluent niet haalbaar door hoge leveringskosten	[P]
Zs Regge en Dinkel	Ootmarsum	natuurwater	Oriëntatie naar mogelijkheden van derde-trapszuivering	2000	Oriëntatiefase	[F]
Ws Groot Salland	Raalte	huishoudwater industriewater	haalbaarheidsonderzoek	1998	Levering is mogelijk, door relatief kleine vraag keuze voor kosteneffectieve technieken	[lwaco]
Ws De Dommel TWM	Tilburg	industriewater	Globaal onderzoek toepassingsmogelijkheden	1999	Naar aanleiding van het haalbaarheidsonderzoek is een pilot-onderzoek opgestart	[8]
Ws Zeeuwse Eilanden	Veendam W.A. Polder	industriewater landbouwwater drinkwater industriewater	Vergelijking oppervlaktewater en effluent Haalbaarheidsstudie	1998 1997	Niet gekozen voor effluent i.v.m. hoge transportkosten Niet gekozen voor opties i.v.m. hoge kosten en geringe acceptatie	[S] [Volkers, 2000]
Zs Rivierenland WMO	Varik Stadsagen	MTR-kwaliteit huishoudwater	Quik-scan Bronnenstudie	1999 1997	Momenteel onderzoek naar systeemkeuze gaande Niet gekozen voor effluent i.v.m. betere kwaliteit en kortere afstand andere bronnen	[P] [24]

Bijlage II-2 Overzicht pilotonderzoeken effluentgebruik in Nederland

Instantie(s)	Rwzi	Product(en)	Omschrijving	Jaar	Resultaat/conclusie	Ref.
Ws Veluwe	Apeldoorn	huishoudwater	Luchtgespoelde microfiltratie + actiefkoolfiltratie + UV desinfectie	2000	Vermoedelijk gerealiseerd in 2000, pilot dient als demonstratiemodel	[Grontmij]
Ws AGV	Blaricum, Huizen	recreatiewater	UV desinfectie	1997	Het onderzoek heeft geresulteerd in een full-scale toepassing	[Walraven, 1997]
Hhs Stichtse Rijnlanden	Driebergen	MTR-kwaliteit	Aktiefkoolfiltratie, continue zandfiltratie (nitrificatie en denitrificatie), UV- peroxide, ultra- en nanofiltratie	1999	Resultaten vooralsnog niet bekend dit moet leiden tot een systeemkeuze en een gefundeerde kostenraming	[D]
Ws Vallei en Eem Ws Veluwe TUD NV Nuon water RIZA Stowa	Ede	huishoudwater industriewater	Vlokkingsfiltratie en ultrafiltratie	1998	doel: te behalen waterkwaliteit en toepasbaarheid van zuiveringstechnieken vastleggen. Vlokkingsfiltratie: nabehandeling nodig voor bacteriologisch betrouwbaar en biologisch stabiel water; Ultrafiltratie: onderzoek naar bereiken van constante hoge flux, inzicht verkregen in <i>fouling</i> (membraanvervuiling)	[21][Stowa (a), 1999]
Ws Veluwe TUD	Elburg	recreatiewater	Ultrafiltratie	1997	Inzet als recreatiewater zoals op rwzi Huizen	[Pluim, 1997]
Zs Regge en Dinkel TUD	Enschede	divers	Ultrafiltratie en microfiltratie	1997	Enkele parameters worden onderzocht om de zuivering na te gaan die nodig is voor de slibverbranding om dit water te gebruiken voor drinkwater	
Zs HEW WBE	Hoogvliet	proceswater	Microfiltratie en hyperfiltratie	2000	onderzoek is nog niet afgerond	
Zs Limburg WML e-water Group	Kaffeberg	industriewater	Vlokkingsfiltratie en ultrafiltratie	1999	resultaten geven aanleiding over te gaan op bouw van praktijkinstallatie, (tijdelijk) gestagneerd	
Ws Groot Salland WMO	Raalte	huishoudwater industriewater	Nageschakelde helofytenfilters en bodempassage	2000	Onderzoek is nog gaande	[C] [Iwaco]
Ws de Dommel	Tilburg	industriewater	Ultrafiltratie en nanofiltratie	2000	Onderzoek start medio 2000	[ref **]
Ws Rijn en IJssel	Wehl	MTR-kwaliteit	Continue filtratie van effluent	1996	Proefonderzoek heeft geresulteerd in praktijktoepassing	[Wouters en Schijns, 1999]

Bijlage II-3 Overzicht praktijktoepassingen effluentgebruik in Nederland

Instantie(s)	Rwzi	Product(en)	Omschrijving	Jaar	Resultaat/conclusie	Ref.
Hhs USHN	Drie Ambachten	proceswater	Luchtgespoelde microfiltratie en nagescha-	1995	Onderzoek heeft gereïsoleerd in fullscale onderzoek (praktijk-toepassing)	[Gronthij]
	Den Helder	industriewater	Gebruik voor het wassen van zeezand	1999	Het effluent wordt direct gebruikt , geen nazuivering	[E]
	Dinteren	landbouwwater	Rwzi loost op 'zomer- of winterafvoer', zo- merafvoer loopt landelijk gebied in, geen nazuivering			[J]
Hhs Frysian	Evertsekoog	oppervlaktewater	Demonstratieproject op praktisch-schaal, he- lofytenfilters	1997	Vierjarij onderzoek is afgerond, mogelijkheden voor toepassing op andere rwzi's wordt onderzocht	[E]
	Heerenveen	industriewater	Gebruik voor het reinigen van rookgas	2000	Eind 2000 realisatie, het contract is afgesloten voor 15 jaar	[A]
	Ws AGV	recreatiewater	UV-desinfectie	1997	Succesvolle toepassing	
Hhs West Brabant	Kaatsheuvel	recreatiewater	Beregenen met effluent past in provinciaal anti-verdrogingsbeleid, Helofytenfilters.	1997	Tot halverwege 1999 goede resultaten, sindsdien gestagneerde fosfaatverwijdering, hetgeen onderzocht wordt	[13] [W]
	Kamperlandpol- der	landbouwwater	N.B.	N.B.	Reeds enkele jaren toegepast	[Volkers, 2000]
	Ws De Aa	natuurwater	Helofytenfilters vdr lozing op verdrogings- gevoelig gebied	2000	Helofytenstelsysteem wordt in 2000 geplaatst	[J]
Ws Rijn en IJssel	Ruurlo/WehI	natuurwater	Vasthouden van effluent in gebied als ver- drogingsbestrijding. Continue zandfiltratie	1995	Effluentpolijsting wordt succesvol toegepast	[H2O 19, 1999]
Ws Zeeuwse Eilanden	St. Maartensdijk	natuurwater	Toepassing helofytenfilters	NB		[M]
Hhs van Rijnland	Veisen	industriewater	Gebruikt voor het wassen van zeezand	1996	Het effluent wordt direct gebruikt , geen nazuivering	[H]

BIJLAGE II-4 Samenvattingen van referenties over nabehandeling en nuttig gebruik van effluent

Nr. document:	1
Auteur:	Bakhuizen, H.J., (Arcadis)
Titel:	Hergebruik biologisch gereinigd afvalwater in de voedingsmiddelenindustrie
Datum:	Oktober 1997
Soort project:	Hergebruik effluent voedingsmiddelenindustrie; t.b.v. NVA-symposium "Biologisch gezuiverd effluent: grondstof of eindprodukt"
Soort document:	Publicatie in eindverslag symposium
Samenvatting: De voedingsmiddelenindustrie is binnen de totale Nederlandse industrie verantwoordelijk voor het grootste aandeel in gebruik van zoet grondwater (120 milj. m ³ /jaar). Vanwege de grondwaterproblematiek en de steeds hogere eisen aan proceswater, moet met beperkingen van de eigen grondwaterwinning rekening worden gehouden. Dit geldt voor laagwaardige toepassingen, maar ook steeds meer voor hoogwaardige. Een afweging moet worden gemaakt tussen een waterbehandeling (f 3-5 per m ³) en het betrekken van water uit externe bronnen. Kansen voor hergebruik: aardappel-, groente-, fruitverwerkende-, zuivel- en zetmeelindustrie. Bij de vlees- en drankenindustrie tellen m.n. de perceptie van de consument en het risicoaspect zwaar.	
Juridisch kader: De wettelijke eis aan water voor de bereiding van voedingsmiddelen is verwoord in de EG-drinkwaterrichtlijn (80/778/EEG). In Nederland is dit uitgewerkt in het Waterleidingbesluit en de RVV-richtlijn voor wateronderzoek bij levensmiddelen.	
Zuiveringstechnische aspecten: Als behandelingstechnieken worden genoemd: - Gesuspenderd materiaal: bezinken, zeven, filtratie, flotatie, hydrocyclonen - Opgelost materiaal: biologische zuivering, fysisch chemische zuivering, membraanfiltratie, mechanische dampcompressie, zandfiltratie - Micro-organismen: chloor, UV-licht, ozon, ultrafiltratie, nanofiltratie <i>Praktijktoepassingen</i> Voorbeeldprojecten op het gebied van recycling (Denver, Texas, Buckle, Barneveld) en second-use (irrigatie en proceswater) worden genoemd.	
Financiële aspecten: <i>Praktijk onderzoek vleesindustrie</i> Hergebruik van niet/beperkt behandeld biologisch gereinigd effluent: - <i>eigen grondwaterwinning</i>: kosten per m³: f 0,60, baten per m³: f 0,45 - <i>leidingwaterinkoop</i>: kosten per m³: f 1,65, baten per m³: f 1,50 Behandeling van het effluent door zandfiltratie en UV-desinfectie (30 m ³ /uur): - <i>investeringskosten</i>: f 250.000,-; <i>exploitatiekosten per m³</i>: f 0,90 Herbenutting van effluent is in dit geval interessant indien de waterkosten min. f 1 per m ³ bedragen.	
Conclusies: - wet- en regelgeving staan hergebruik zeer beperkt toe; - de kostenbesparing is op dit moment nog minimaal; - hergebruik van water binnen het proces is dichterbij dan hergebruik van biologisch gereinigd effluent.	

Nr. document:	2
Auteur:	Boere, J. (Norit)
Titel:	Meer dan effluent; Toepassing van actieve kool
Datum:	1999
Soort project:	Overzicht toepassing actief kool op effluent
Soort document:	Publicatie in rapport PAO-cursus 'Meer dan effluent' 1999
Samenvatting: Actief kool is één van de meest toegepaste adsorbents in afvalwater. Actief kool wordt ingezet om slecht of niet biodegradeerbare opgeloste organische stoffen en diverse organische microverontreinigingen te verwijderen. Steeds meer aandacht komt er voor GAC (Granular Activated Carbon) als biomassadrager. De volgende onderwerpen worden besproken: ontwerpgrondslagen, pilot- en versnelde kolomtesten, regeneratie van kool, procedures voor gebruik (transport, opslag, etc.) en milieuaspecten (LCA). Een uitgebreide tabel met gerealiseerde projecten is opgenomen.	
Zuiveringstechnische aspecten: De kwaliteit van het filtraat en het verwijderingspercentage voor micro-verontreinigingen wordt vastgesteld met behulp van pilot- of versnelde kolomtesten. Met behulp van de versnelde kolomtesten wordt op lab-schaal de doorbraakcurve (looptijd actief kool) voor een bepaalde parameter bepaald. GAC: - korrelgrootte: 0,25 – 3 mm; - specifiek oppervlak: 500 – 1500 m²/g; - poriediameter variërend van microporiën (< 2 nm) tot macroporiën (>50 nm). In de afvalwaterbehandeling worden voornamelijk gesloten filters ingezet die kunnen worden teruggespoeld. Ook worden vaste filterbedden (fixed filter beds) toegepast die in up- of downflow kunnen worden bedreven. Belangrijkste ontwerpparameters zijn: - leegbed contacttijd (T) ($T = h/v = O.h/Q$); - GAC-type; - filterconfiguratie.	

Nr. document:	3
Auteur:	Bosman, E.
Titel:	Effluent als aanvullende waterbron in het landelijk gebied
Datum:	Augustus 1997
Soort project:	Literatuuronderzoek + hergebruik effluent rwzi Wehl voor verdroogd gebied
Soort document:	Afstudeerverslag TU Delft, Faculteit Civiele Techniek, Sector Waterbeheer, Milieu en Gezondheidstechniek
Samenvatting: In het literatuuronderzoek is de stand van zaken op het gebied van het hergebruiken van effluent onderzocht. Verschillende mogelijkheden voor hergebruik met de bijbehorende eisen en technieken voor nazuivering zijn behandeld: grondwateraanvulling, lozen op (klein) oppervlaktewater om verdroging te bestrijden, gewasirrigatie, aanvulling in natuurgebied, besproeiing van parken, grasvelden, golfbanen, etc. Aandachtspunten bij hergebruik zijn: risico voor gezondheid, kosten t.o.v. andere waterbronnen, effecten op oppervlaktewater bij stopzetten effluentlozing en monitoring effluentkwaliteit.	
Juridisch kader: De kwaliteitseisen voor de lozen op oppervlaktewater, infiltratie in de bodem en gewasirrigatie zijn te vinden in Bijlage III. De wetten waar we in Nederland mee te maken hebben m.b.t. hergebruik van effluent zijn: Wet Verontreiniging Oppervlaktewater, Wet Bodembescherming en Wet Milieubeheer.	
Zuiveringstechnische aspecten: De volgende technieken zijn beschreven voor de nazuivering van effluent: biologische nabehandeling, helofytenfilters, vijversystemen en transport door de bodem. De volgende technieken voor een vergaande nazuivering van effluent zijn beschreven: zandfiltratie, vlokingsfiltratie, actief koolbehandeling, membraan-filtratie, chemische precipitatie, ionenwisseling, desinfectie.	
Conclusies: - per situatie zullen de toe te passen zuiveringstechnieken moeten worden bekeken om aan een bepaalde hergebruikskwaliteit te voldoen en moet een kostenafweging worden gemaakt; - de ontwikkeling van een set wettelijke richtlijnen voor hergebruik van effluent is noodzakelijk; - de gezondheidsrisico's bij verschillende toepassingen moeten goed in kaart worden gebracht.	

Nr. document:	4
Auteur:	Van der Graaf, J.H.J.M. (TU Delft)
Titel:	Meer dan effluent; Algemene aspecten
Datum:	1999
Soort project:	-
Soort document:	Publicatie in rapport PAO-cursus 'Meer dan effluent' 1999
Samenvatting: De publicatie bevat algemene aspecten m.b.t. de nazuivering en het hergebruik van effluent. Overzichten van de verschillende verontreinigingen en verwijderingstechnieken zijn opgenomen. De afzetmogelijkheden voor effluent (nagezuiverd) worden beschreven. Verder is een zeer globale kostenindicatie gegeven.	
Effluent als product: Een overzicht van de gemiddelde effluentkwaliteit van rwzi's in Nederland is in de publicatie weergegeven, voor de situatie van dat moment.	
Zuiveringstechnische aspecten: De onderstaande technieken zijn beschreven (bron RIZA nota nr. 95.033: Inventarisatie en evaluatie van technieken voor het polijsten van effluent van rwzi's): coagulatie, flocculatie en sedimentatie, mechanische scheiding, korrelfiltratie, microzeven, bodemfiltratie, membraanfiltratie, elctrodialyse, actiefkoolfiltratie, ionenwisseling, chemische oxydatie; ozon, waterstofperoxyde, UV, effluentvijvers, biologische filters.	
Financiële aspecten: - desinfectie met chloorbleekloog: enkele centen / m ³ (< f 1,-/i.e.j). - effluentpolijsting: f 0,60 – 16,- per m ³ (f 45,- tot 1.200,- /i.e.j; bron RIZA '95).	

Nr. document:	5
Auteur:	Hermans, P.G.B. (Witteveen+Bos)
Titel:	Hergebruik effluent rwzi Emmen
Datum:	1999
Soort project:	Haalbaarheidsstudie inzetten rwzi effluent (WMD, ZD)
Soort document:	Rapport Witteveen+Bos

Samenvatting: Het doel van het onderzoek is een inventarisatie van mogelijkheden voor het opwerken en hergebruiken van effluent van de rwzi Emmen. De geëvalueerde hergebruikmogelijkheden voor het effluent zijn: - levering als gietwater (kastuingebied Erica); - levering als huishoudwater voor wijk Delflanden bij Emmen; - levering als industriewater aan verspreid liggende bedrijven. Er is een water- en kwaliteitsbalans opgesteld, gevolgd door een systeemkeuze en kostenraming.
Juridisch kader: <i>Lozing Griendtveense plas:</i> $N_{tot} < 5 \text{ mg P/l}$, $P_{tot} < 5 \text{ mg P/l}$, $BZV < 5 \text{ mg/l}$. Voor de gestelde normen aan gietwater, huishoudwater en industriewater zie Bijlage III
Financiële aspecten: - levering huishoudwater: $f 0,61 \text{ ct/m}^3$; - levering gietwater (volledig effluent; deelstroom RO): $f 1,07$; eis $< f 0,70$; - levering gietwater (effluent 25% gehele gietwater): $f 0,60 \text{ ct/m}^3$; - industriewater: De kosten voor de levering van industriewater variëren tussen $f 0,26$ en $f 0,89$ per m^3, als tenminste alle potentiële afnemers overstappen op industriewater.
Conclusies: <i>Huishoudwater</i> - levering van huishoudwater (toilet, buitenkraan, wasmachine) is na eenvoudige nazuivering van effluent mogelijk; - afkoppeling van het bluswater van zowel het drink-, als huishoudwatersnet wordt aanbevolen. <i>Gietwater</i> - de gietwatervoorziening kan volledig uit rwzi effluent worden bereid, indien een deelstroom wordt bereid met RO-membraanfiltratie. De kosten van deze optie zijn te hoog om te slagen; - zonder de ontzouting van effluent kan effluent voor 25% van het totale gietwater worden ingezet. <i>Industriewater</i> - een nader onderzoek naar de gewenste kwaliteit is noodzakelijk om een definitieve kostenbepaling te kunnen maken.

Nr. document:	6
Auteur:	Kampf, R., Schreijer, M. (HUS), Toet, S., Verhoeven, J.T.A. (Universiteit Utrecht)
Titel:	Van effluent tot bruikbaar oppervlaktewater
Datum:	Oktober 1997
Soort project:	Onderzoek t.b.v. NVA-symposium "Biologisch gezuiverd effluent: grondstof of eindproduct"
Soort document:	Publicatie in eindverslag symposium
Samenvatting: Aan de hand van een praktijkonderzoek met een helofytenfilter voor de nazuivering van effluent van de rwzi Everstekooog op Texel wordt aangetoond of het mogelijk is om voor weinig geld effluent vergaand te desinfecteren. In droge tijden bestaat een groot deel van het oppervlaktewater uit gezuiverd afvalwater en is dus van grote invloed op het ecosysteem.	
Zuiveringstechnische aspecten: <i>Moerassystemen</i> Bij een wisselende waterstand kan de bodem van moerassystemen afwisselend aëroob en anaëroob zijn. Vaak worden moerassystemen gebruikt in droge gebieden ter aanvulling van de grondwaterstand (Kis-Balaton project Hongarije, 1.800 ha). Publicatie over moerassystemen: Treatment Wetlands. CRC Press inc. Boca Raton Florida. <i>Helofytenfilter</i> Bij de rwzi Everstekooog is een helofytenfilter aangelegd, welke het effluent (3.000-4.000 m ³ /h) behandelt. Het systeem bestaat uit een voorbezinkbassin, negen parallelle sloten en een afvoersloot. Het effluent van het filter is helderder en bevat minder geur dan het effluent van de rwzi. Het zuurstofgehalte in het filter varieert sterk (dag/nacht). Door de vrij korte verblijftijd (2 dagen) is de P- en N-verwijdering niet optimaal.	
Financiële aspecten: Effluentpolijsting per m ³ behandeld water: helofytenfilter f 0,05 – 0,08; chloorbleekloog f 0,10, UV f 0,19, vergaande tertiaire zuivering f 0,60 (zandfiltratie) - f 11,0 (hyperfiltratie).	
Conclusies: - een hydraulische verblijftijd in het helofytenfilter van 2 dagen geeft een verbetering m.b.t. desinfectie en de zuurstofhuishouding. Verlenging van de verblijftijd geeft een verbeterde processtabiliteit en een grotere verwijdering van voedingsstoffen; - het systeem is een goede buffer bij sliboverstort uit de rwzi; - de doorzicht van het water wordt groter, de geur verdwijnt, het aantal waterorganismen groeit, concentratieveranderingen in het effluent van de rwzi worden afgevlakt; - het systeem is landschappelijk goed inpasbaar en een heeft een duidelijke natuurwaarde.	
Opmerkingen: De mate van toepasbaarheid van een helofytenfilter op de andere zuiveringen van Uitwaterende Sluizen is weergegeven.	

Nr. document:	7
Auteur:	de Koning, J. (TU Delft)
Titel:	Meer dan effluent; Verwijdering van zwevende stof
Datum:	1999
Soort project:	Onderzoek
Soort document:	Publicatie in rapport PAO-cursus 'Meer dan effluent' 1999
Samenvatting: De karakteristieken van stoffen in effluent en de filtratietechnieken waarmee deze stoffen kunnen worden verwijderd worden weergegeven. Tevens worden de effecten van zuiveringstechnieken op zwevende stof weergegeven. Voor verschillende stoffen is de mate van gebondenheid aan zwevende stof vermeld. Filtratiemechanismen, -materialen en problemen die kunnen optreden bij zandfiltratie worden behandeld.	
Zuiveringstechnische aspecten: De volgende vormen van filtratie worden behandeld (eigenschappen, ontwerpgrondslagen, resultaten onderzoek): - diepbedfiltratie; - vlokings- en vlokkenfiltratie (resultaten rwzi Ede); - microzeven (resultaten rwzi Bussum).	
Financiële aspecten: - kostenraming van vlokingsfiltratie met nabehandeling (beluchting, UV) (STOWA, 1999).	

Nr. document:	8
Auteur:	Kramer. F (Witteveen+Bos)
Titel:	rwzi-effluent als bron voor de levering van ander water
Datum:	1999
Soort project:	Onderzoek naar mogelijkheden voor de levering van ander water voor de gemeente Tilburg (TWM, Waterschap de Dommel)
Soort document:	Rapport Witteveen+Bos
Samenvatting: Een potentiële bron voor de levering van ander water in Tilburg is het effluent van de rwzi Tilburg-Noord. Vergeleken met het oppervlaktewater uit het Wilhelminakanaal heeft het effluent een lager gehalte aan gesuspendeerde stoffen en troebelheid. Daarentegen heeft het kanaalwater een betere hygiënische kwaliteit. In de gemeente Tilburg zijn de volgende afzetmogelijkheden voor ander water vastgesteld: industrie- (540.000 m ³ /j), sanitair -, blus-, irrigatie- - (250.000 m ³ /j) en infiltratiewater (500.000 – 1.000.000 m ³ /j).	
Effluent als product: Er zijn drie kwaliteitklassen voor ander water gedefinieerd: <i>Kwaliteitsklasse 1:</i> koel-, laagwaardig industrie-, huishoud- en bluswater. <i>Kwaliteitsklasse 2:</i> huishoud-, industrie-, infiltratie- (oppervlakte infiltratie) en na-tuurwater. <i>Kwaliteitsklasse 3:</i> hoogwaardig industrie-, infiltratie- (diepinfiltratie), ketelvoe-dingswater, halfprodukt drinkwaterbereiding.	
Zuiveringstechnische aspecten: <i>Kwaliteitsklasse 1:</i> coagulatie, snelfiltratie, transportdesinfectie (chlorering). <i>Kwaliteitsklasse 2:</i> coagulatie, snelfiltratie, micro/ultrafiltratie, transportdesinfectie (UV, chlorering); optioneel nabehandeling: ozon/AKF, LZF. <i>Kwaliteitsklasse 3:</i> coagulatie, snelfiltratie, micro/ultrafiltratie, nano/hyperfiltratie.	
Financiële aspecten: <i>Kwaliteitsklasse 1:</i> f 0,30 – f 0,50 f/m ³ . <i>Kwaliteitsklasse 2:</i> f 0,60 – f 1,00 f/m ³ . <i>Kwaliteitsklasse 3:</i> f 1,00 – f 2,50 f/m ³ . Transportkosten (15 km hoofdleidingen): f 0,20 – f 0,30 f/m ³ .	
Conclusies: - voor de levering van ander water op basis van effluent van de rwzi Tilburg-Noord is er een keuzemogelijkheid tussen de goedkope conventionele technieken of de duurdere membraantechnieken. Met microfiltratie wordt een water geproduceerd dat geschikt is voor eventuele verdere opwerking tot hoogwaardig proceswater; - afhankelijk van de nader te definiëren kwaliteitseisen en de toe te passen zuiveringstechnieken zullen de totalekosten variëren van f 0,50 – f 1,30 f/m³. De kostprijs van 'ander water' is dus substantieel lager dan van drinkwater; - aanbevelingen: inventarisatie vraagzijde, pilotonderzoek gevolgd door ontwerp en kostenraming, uitwerking transport- en distributiestelsel.	

Nr. document:	9
Auteur:	Kramer. F (Witteveen+Bos)
Titel:	Rwzi-effluent als bron voor industriewaterlevering
Datum:	1999
Soort project:	Haalbaarheidsstudie voor langzame zandfiltratie als nabehandeling voor vlokings- en ultrafiltratie (WV&E, WV, Nuon Water, WMN)
Soort document:	Rapport Witteveen+Bos
Samenvatting: In 1997 en 1998 is de potentie voor de levering van industrie/huishoudwater door de opwerking van rwzi-effluent m.b.v. vlokingsfiltratie en ultrafiltratie als basiszuivering onderzocht. Vlokingsfiltratie en ultrafiltratie zorgen beide voor een vergaande reductie van: zwevende stof, troebelheid, ammonium, fosfor en pathogene micro-organismen. Tevens worden CZV en kleur verwijderd. Het doel van deze haalbaarheidsstudie is om duidelijk te maken of een nageschakelde langzame zandfiltratie (LZF) kan zorgen voor een vergaande verbetering van de hygiënische kwaliteit en biologische stabiliteit. In Nederland is geen praktijkervaring opgedaan met de zuivering van rwzi effluent middels LZF. Wel in het buitenland, maar met wisselende resultaten.	
Juridisch kader: De basiskwaliteit voor industriewater is weergegeven in de bijlagen van het rapport.	
Zuiveringstechnische aspecten: <i>Langzame zandfiltratie (LZF)</i> - mechanismen: mechanische filtratie, sedimentatie, adsorptie, biochemische processen en bacteriologische activiteit. Ontwerpparameters: - toegepaste filtratiesnelheden: 0,1 – 0,4 m/h (GWA: 0,7 m/h); - effectieve korreldiameter: 0,30 mm; bedhoogte 1,0 – 1,5 m; - vaste of variabele bovenwaterstand (max. 1 – 1,5 m). De zuiveringsrendementen zijn in de publicatie weergegeven.	
Financiële aspecten: De kosten van LZF worden geschat op f 0,21 per m ³ behandeld water (filtratiesnelheid: 0,4 m/h, looptijd: 3 maanden).	
Conclusies: - de toepassing van vlokkenfiltratie (Kaffeberg) lijkt (coagulatie m.b.v. Al en snelfiltratie) een perspectiefvolle voorbehandelingstechniek voor LZF; - de behandeling van ultraftraat met LZF wordt financieel en technisch haalbaar geacht; - LZF: geen nitrificatie wel denitrificatie, geen reductie van geleidbaarheid en chlorideconcentratie, verwijdering van kleur, CZV, mangaan en ijzer hangt af van de aard van de stoffen, voldoet aan bacteriologische eis, biofilmvormingspotentie (AOC-gehalte) tot een aanvaardbaar niveau verwijderd; - praktijkonderzoek is gewenst.	

Nr. document:	10
Auteur:	Kramer. F (Witteveen+Bos)
Titel:	Onderzoek centrale levering ECOWater Almere
Datum:	1998
Soort project:	Haalbaarheidsonderzoek ECOWaterlevering aan toekomstige woonwijken in Almere (WF)
Soort document:	Rapport Witteveen+Bos
Samenvatting: In het onderzoek zijn de effecten van grootschalige levering van ECOWater onderzocht. Het onderzoek is een vervolg op [23], waarbij effluent als bron voor ECOWater afviel wegens de hoge kosten voor zuivering en transport, die terug te voeren waren op de kleinschaligheid van het project. Gekeken is naar de 'centrale levering' van ECOWater uit effluent. Bij centrale levering wordt aan meerdere wijken huishoud- en industriewater geleverd, waarbij door grootschaligheid kostenreductie optreedt voor zuivering en transport. De mogelijkheden van het gebruiken van het effluent van de rwzi Almere als ECOWater worden in deze studie bekeken.	
Effluent als product: Er wordt uitgegaan van een ECOWaterverbruik van 56 l.p.p.d voor huishoudens (toilet, buitenkraan, wasmachine en brandkranen). Voor de industrie wordt uitgegaan van 0,35 l/s.ha en een eventuele aanvulling van gietwater van 146.000 m³/j.	
Juridisch kader: De volgende aspecten voor ECOWater zijn van belang: bacteriologische betrouwbaarheid (zwemwaternorm oppervlaktewater), desinfectie/oxidatiemiddelen (zwemwaternorm binnenbaden), bedrijfstechnische parameters (normen voor drinkwater: hardheid, ijzer, mangaan, CZV), organoleptische en esthetische parameters (normen voor drinkwater: kleur, geur, ijzer, mangaan). De genoemde normen zijn weergegeven in Bijlage III-6.	
Zuiveringstechnische aspecten: De nieuwe zuivering (uitbreiding) zal bestaan uit: anaërobe selector, biologische defosfatering en simultane nitrificatie/denitrificatie. Om het effluent verder te zuiveren tot ECOWater (300 m³/h) is gekozen voor vlokingsfiltratie (open gravitatiefilter), gevolgd door een desinfectiestap (NaOCl- dosering).	
Financiële aspecten: De kosten voor ECOWater vanaf 2005 (f 6,39 per m³) tot 2020 (f 0,63 per m³) zijn bepaald. De hoge kosten in de eerste fase zijn te wijten aan de hoge investeringskosten voor het distributiestelsel en de zuivering. Een kostenbesparing kan worden gerealiseerd door het faseren van de bouw van de zuivering. Tevens is een gevoeligheidsanalyse voor drie scenario's weergegeven en een kostenvergelijking voor centrale en decentrale levering van ECOWater.	

Nr. document:	11
Auteur:	Kroes, F. (LU Wageningen)
Titel:	Mogelijkheden van hergebruik van effluent op Ameland (deel1: hoofdrapport, deel 2: waterbalans voor west-Ameland)
Datum:	1997
Soort project:	Haalbaarheidsstudie (WF)
Soort document:	Afstudeerverslag LU Wageningen, Vakgroep Waterkwaliteitsbeheer en Aquatische Oecologie
Samenvatting: Ameland heeft 3.500 inwoners. In de zomermaanden is het aantal mensen vertienvoudigd. In de zomermaanden heeft Ameland last van verdroging. In dit onderzoek worden de plaatsen en problemen van de verdroging in beeld gebracht en in dit kader worden de mogelijkheden van hergebruik van effluent beschreven. Het afvalwater van de rwzi (zomermaanden 3.000 m ³ /dag) wordt geloosd op de Waddenzee. Er zijn drie mogelijke categoriën afnemers van effluent onderzocht: aanvulling in de natuur (duinen, sloten), agrarisch gebied (beregening polder) en recreatie (golfbaan).	
Zuiveringstechnische aspecten: Voor de noodzakelijke verbetering van de effluentkwaliteit zijn twee soorten technieken toepasbaar: helofytenfilter (Voordelen: lage zuiverings- en investeringskosten. Nadelen: groot oppervlak benodigd, in wintermaanden beperkte werking) en membraanfiltratie (Voordelen: compacte en modulaire opbouw. Nadelen: hoge kosten). Er zijn drie typen helofytenfilters: bekeken vloeivelden, infiltratievelden en rietwortelzuiveringsvelden (vergelijking van deze technieken is meegenomen). Voor de verwijdering van N en P is een verticale rietwortelzuivering (infiltratieveld) het meest geschikt.	
Financiële aspecten: - helofytenfilter: f 0,01 / m³ behandeld water; - ultrafiltratie: f 0,42 – 0,73 / m³ behandeld water; - ultrafiltratie, hyperfiltratie: f 1,10 / m³ behandeld water.	
Conclusies: - hergebruik van effluent is mogelijk; - inbreng van effluent in de sloten leidt tot eutrofiëring en geeft problemen voor veedrenking; - nbreng in de duinen leidt tot verruiging; - er dient een nazuivering plaats te vinden om hergebruik van effluent mogelijk te maken. Membraanfiltratie kost enkele miljoenen per jaar. Helofytenfilter kost f 50.000,- per jaar en heeft daarom in eerste instantie de voorkeur.	

Nr. document:	12
Auteur:	Meinema, K. (DHV Water)
Titel:	Zuiveringstechnieken voor vergaande behandeling
Datum:	Oktober 1997
Soort project:	Onderzoek naar nazuiveringstechnieken voor effluent; t.b.v. NVA-symposium "Biologisch gereinigd effluent: grondstof of eindproduct"
Soort document:	Publicatie in eindverslag symposium

Samenvatting:

Het effluent van rwzi's kan een vergaande invloed hebben op de kwaliteit van het oppervlaktewater. Indien een totale afvalwatersysteembenadering geen verbetering oplevert of het verplaatsen van het lozingspunt niet mogelijk of wenselijk is, kan gedacht worden aan additionele zuiveringstechnieken voor het polijsten van effluent. Afhankelijk van de te bereiken effluentkwaliteit zijn er verschillende zuiveringstechnieken beschikbaar. Er wordt een overzicht van mogelijke technieken en de stand van zaken gegeven. En kort wordt ingegaan op verwijderingsrendementen en kosten. Een aantal praktijkvoorbeelden van rwzi's wordt besproken, waarin een nazuivering wordt toegepast.

Zuiveringstechnische aspecten:

De toepasbaarheid van de volgende technieken voor de polijsting van effluent wordt kort besproken: Coagulatie, flocculatie, sedimentatie, magnetische separatie, filtratie (diepbedfiltratie, koekfiltratie, bodemfiltratie, microzeven), membraanfiltratie, electrodialyse, actiefkoolfiltratie, ionenwisseling, oxidatie (ozon, waterstofperoxyde), ultraviolette straling, effluentvijvers, biologische filters. In een bijlage zijn voor bovenstaande technieken de verwijderingsrendementen voor een groot aantal parameters aangegeven.

Praktijktoeepassingen:

rwzi de Grootte Lucht: de capaciteit van de rwzi was onvoldoende voor een goede denitrificatie. I.p.v. een uitbreiding op de conventionele wijze is gekozen voor nageschakelde continue zandfilters (3.600 m³/h, expl.lasten: f 0,20 per/m³).

rwzi Huizen: Het effluent wordt op water met recreatieve doeleinden geloosd. Een UV-desinfectie-installatie is geplaatst ter vervanging van chloordesinfectie. Het RWA-debiet wordt behandeld (50.000 i.e., exploitatielasten: f 0,21 per/m³).

rwzi's Ruurlo en Wehl: Vanwege de aanscherping van de N- en P eisen en de kwetsbaarheid van de wateren waarop het effluent wordt geloosd is na het actiefslibstelsysteem (Carrousel-2000) een vlokingsfilter geschakeld.

Financiële aspecten:

Voor alle bovengenoemde zuiveringstechnieken is een globale kostenraming gemaakt, gebaseerd op een narekening van gerealiseerde projecten in de drinkwaterbranche. De capaciteit van de installatie is uitgezet tegen de exploitatielasten (f /m³), gedimensioneerd op DWA en RWA.

Nr. document:	13
Auteur:	Noordegraaf-Hoogeveen (Efteling), A., Giffen (HWB)
Titel:	Effluent als alternatieve bron voor de Efteling
Datum:	1997
Soort project:	Realisatie helofytenfilter; NVA-symposium "Biologisch gereinigd effluent: grondstof of eindproduct"
Soort document:	Publicatie in eindverslag symposium
Samenvatting: In 1995 heeft de Efteling haar 18-holes golfbaan in gebruik genomen. Het verkrijgen van een beregeningsvergunning voor de golfbaan gaf problemen. Het beregenen met grond- of oppervlaktewater is strijdig met het provinciale antiverdrogingsbeleid. Omdat de watervoorziening en de hemelwaterafvoer voor het recreatiepark ook problemen gaf is de gehele watervoorziening van de Efteling kritisch bekeken. De mogelijkheid van het hergebruiken van het effluent van de rwzi Kaatsheuvel is in kaart gebracht.	
Effluent als product: De kwaliteit van het effluent is uit twee invalshoeken beoordeeld: - hoogheemraadschap van West-Brabant: nutriënten; - Efteling: helderheid (estetisch), bacteriologische en virologische betrouwbaarheid (spatwater attracties), zuurgraad (beregeningswater golfbaan, een te hoge zuurgraad veroorzaakt schimmelvorming). Nazuivering van het effluent bleek noodzakelijk, waarbij fosfaatreductie en een verbetering van de bacteriologische betrouwbaarheid wordt nagestreefd.	
Zuiveringstechnische aspecten: De eisen voor de zuiveringsinstallatie: robuust systeem, eenvoudige bediening en onderhoud, inpasbaar in de omgeving. Er is gekozen voor een verticaal doorstroomd helofytenfilter (vier compartimenten, die elk 1,5 uur worden bevloed in een cyclus van 6 uur). Het water wordt onder het maaiveld verdeeld via een drainagestelsel. De werking van het filter is tweeledig: biologische werking door de opname van nutriënten door het riet en andere vervuilingen als groeistoffen. De beworteling van het riet (extra beluchting) heeft een positieve werking op de fysisch-chemische werking van het filter. Deze processen betreffen het vastleggen van vervuilingen aan bodemdeeltjes in het filterbed. Aan het filterbed is ijzergruis en schelpengrind toegevoegd om de fosfaatverwijdering te bevorderen. Het verbruik is 300.000 m ³ /j. Het effluent wordt aangevoerd door een 3 km lange persleiding (40-75 m ³ /h). De grondwateronttrekking is tot nul gereduceerd, maar kan in noodgevallen als stand-by fungeren.	
Resultaten: - goede waterkwaliteit; echter aandachtspunt voor oplopend fosfaatgehalte; - bacteriologische betrouwbaarheid ruim onder de norm; - pH ging dermate omhoog (7-8) dat in de beregeningsinstallatie een zuurinjector is geïnstalleerd.	

Nr. document:	14	
Auteur:	Pluim, J.	
Titel:	Pilotonderzoek naar de toepassing van ultrafiltratie op effluent van rioolwaterzuiveringsinstallaties	
Datum:	Juli 1997	
Soort project:	Pilotonderzoek	
Soort document:	Afstudeerverslag TU Delft, Faculteit Civiele Techniek, Sector Waterbeheer, Milieu en Gezondheidstechniek	
Samenvatting: Het pilotonderzoek is uitgevoerd (5 maanden) op de rwzi Elburg, in samenwerking met Witteveen+Bos, LHS Microfiltrations en X-flow. Het onderzoek is uitgevoerd om vast te stellen of ultrafiltratie een vervanging kan zijn voor desinfectie m.b.v. chloor, omdat het effluent van Elburg geloosd wordt op zwemwater. De ultrafiltratieunit is getest met en zonder voorbehandeling door snelfiltratie. Het onderzoek was v.n. gericht op het vinden van een optimale reinigingsprocedure voor de membranen. Het snelfilter is ingezet als filter voor gesuspendeerd materiaal.		
Effluent als product: <i>Kwaliteitsparameters</i>	<i>effluent</i>	<i>ultrafiltraat</i>
Zwevende stof	>2-3 mg/l	<0,1 mg/l
CZV	>40-45 mg/l	32 mg/l
Troebelheid	1-2, max. 4 NTU	<0,1 NTU
P _{tot}	0,67 mg/l	0,34 mg/l
Juridisch kader: De kwaliteitseisen die zijn gesteld aan zwemwater zijn opgenomen in Bijlage III-4.		
Zuiveringstechnische aspecten:		
membraan:	X-flow PS-membraan, inside-out, 1,5 mm, poriegrootte 10 nm	
membraanoppervlak:	4 m ²	
bedrijfsvoering:	dead-end	
Resultaten		
flux (min - max)	15 – 120 (l/m ² h)	
transmembraandruk	0,2 – 0,6 bar	
recovery	80 % bij een flux van 100 l/m ² h	
reinigingsprocedure	hydraulisch per 15 min.; chemisch per 2 uur (NaOCl 100 ppm, inweektijd 5 min.)	
Financiële aspecten: De kosten voor een praktijkinstallatie van 1200 m ³ /h, snelfilters gevolgd door ultrafiltratie, zijn geraamd op f 0,60/m ³ .		
Conclusies:		
- met de bovengenoemde reinigingsprocedure is een week een flux van 90 l/m ² h gewaarborgd bij een vaste transmembraandruk van 0,6 bar;		
- een voorzuivering van effluent voor ultrafiltratie lijkt noodzakelijk voor een stabiele bedrijfsvoering.		

Nr. document:	15
Auteur:	Van der Putten, H. (IWACO)
Titel:	Effluent als waterbron
Datum:	Oktober 1997
Soort project:	T.b.v. NVA-symposium "Biologisch gezuiverd effluent: grondstof of eindproduct"
Soort document:	Publicatie in eindverslag symposium

Samenvatting:

Op nationaal niveau is nagegaan in hoeverre effluent inzetbaar is als waterbron voor diverse doeleinden. Er is een vraag- en aanbodanalyse uitgevoerd. Aan de 'vraagzijde' zijn onderscheiden: landbouw, drinkwatervoorziening, recreatie, stedelijk groen, open water, natuur en industrie. Wat betreft het aanbod is rekening gehouden met de toekomstige verbetering van de effluentkwaliteit.

Op basis van de eisen die de verschillende gebruikersgroepen stellen, blijkt dat het effluent mogelijkheden biedt voor de landbouw, natuur en industrie. Voor de andere categorieën dient het effluent vergaand te worden nagezuiverd.

Op basis van ruimtelijke criteria zijn vervolgens kansrijke gebieden geselecteerd. Er is o.m. gelet op de landelijke verdrogingssituatie, verspreidingsmogelijkheden via oppervlaktewater, het grondgebruik, etc.

Conclusies:

- de **industrie** gebruikt water voor hoogwaardige (proceswater) en laagwaardige toepassingen (spoel- en koelwater). Het ligt meer voor de hand om rwzi-effluent in te zetten als bron voor koel- en spoelwater. Kansrijke bedrijven zijn bedrijven die een grote hoeveelheid hoogwaardig water inzetten voor laagwaardig gebruik (b.v. voedingsmiddelen-, metaal- en papierindustrie);
- wat betreft **landbouw** lijkt e-water het meest geschikt voor akkerbouw en grasland. Effluent lijkt in eerste instantie niet geschikt voor de glastuinbouw gebaseerd op substraatteelt (te hoge gehalten chloride en ijzer) en de fruitteelt (ijzergehalte te hoog);
- wat betreft de watervoorziening in de landbouw spelen drie problemen een belangrijke rol: wijze waarop het water in de ondergrond wordt gebracht (kosten), waterbehoefte in de landbouw beperkt zich in de tijd, bedrijfseconomisch is de afname van e-water door de landbouw een verliesgevende zaak (behalve als de verplichting van continue afname vervalt);
- de prijs van e-water is aantrekkelijk vanwege de grote spreiding van rwzi's in Nederland, wat lage distributiekosten met zich meebrengt;
- een nadere beschouwing van vraag en aanbod op lokaal niveau kan tot meer positieve resultaten leiden (vanwege de wisselende effluentkwaliteit van rwzi's).

Opmerkingen:

De publicatie bevat de volgende overzichtsfiguren van Nederland: de ligging van rwzi's, de dichtheid van watergangen, de verdroogde en niet verdroogde gebieden, ligging van rwzi's inclusief kostenzones m.b.t. afzetmogelijkheden, potentieel kansrijke gebieden voor hergebruik gezuiverd afvalwater.

Nr. document:	16
Auteur:	Ruiters, C.J.M. (WML), de Man, A (ZL)
Titel:	Levering op maat
Datum:	1999
Soort project:	Onderzoek op pilotplantschaal; Waterleiding Maatschappij Limburg, Zuiveringsschap Limburg.
Soort document:	Publicatie PAO-cursus 1999: 'Meer dan effluent'.
Samenvatting: WML en ZL zijn in 1998 samen een onderzoek gestart naar de nabehandeling van RWZI-effluent, met als doel te komen tot een kringloopsluiting over clusters van industrieterreinen. Na behandeling zal het effluent zonder bodempassage worden ingezet als industriewater en eventueel huishoudwater. In het onderzoek op RWZI Kaffeberg zijn parallel micro- (MF), ultra- (UF) en vlokkingfiltratie (VF) getest. Tevens is het effect van serieschakeling van vlokkingfiltratie op biofouling, blocking en exploitatiekosten onderzocht.	
Effluent als produkt: Uitgaande van de kwaliteit van de RWZI Kaffeberg zijn zwevende stof, ammonium, fosfaat, chemisch zuurstofverbruik (CZV), kleur en temperatuur en de hygiënische capaciteit (i.v.m. nagroei in het leidingnet) als kritische componenten vastgesteld.	
Zuiveringstechnische aspecten: Het functioneren van de RWZI is sterk bepalend geweest voor de resultaten! <i>Vlokkingfilter</i> - er wordt slechts een geringe verwijdering van kleur, CZV, NH₄ en PO₄ bereikt; - polyaluminiumchloride (PAC) werkt beter als vlokmiddel dan aluminiumsulfaat; - de gemiddelde looptijd bij een filtratiesnelheid van 10 m/h: 28 ± 6 uur; - het filtraat voldoet niet aan de kwaliteitseisen voor CZV en kleur. <i>Ultrafiltratie</i> - bij directe filtratie is een netto flux van 40 l/m²h haalbaar (lage recovery 60%); - een forward spoeling (FF) met lucht heeft een beter effect dan alleen een FF met water; - een zeer frequente chemische reiniging is noodzakelijk; - dosering van PAC in het RWZI effluent heeft tot een aanzienlijke recovery verbetering geleid (flux 70 l/m²h, recovery 70%). <i>Microfiltratie</i> - bij microfiltratie is een nettoflux van 82 l/m²h haalbaar, bij een minder frequente chemische reiniging dan bij UF (1 x per 7 ± 3,6 dagen); - slibuitspoeling uit de nabezinktank veroorzaakt ernstige membraanvervuiling.	
Financiële aspecten: Voor de geteste alternatieven zijn de investerings- en exploitatiekosten weergegeven. Tevens zijn de kosten voor de combinatie VF met langzame zandfiltratie en VF, breekpuntchlorering gevolgd door snelfiltratie meegenomen.	
Conclusies: - VF wordt aangegeven als meest bedrijfszekere techniek. Deze technologie wordt ingezet in een full scale installatie; - als aanvullende maatregelen voor het bereiken van de gewenste kwaliteit worden aangegeven: optimalisatie bestaande RWZI; toepassen van breekpuntchlorering; eventueel naschakeling van een snelfilter (politiefilter).	

Nr. document:	17
Auteur:	Stortelder, P.B.M. (RIZA)
Titel:	Normstelling in de toekomst
Datum:	Oktober 1997
Soort project:	T.b.v. NVA-symposium "Biologisch gereinigd effluent: grondstof of eindproduct"
Soort document:	Publicatie in eindverslag symposium
Samenvatting: In de 4^e Nota Waterhuishouding (NW4) zijn de begrippen 'Maximaal Toelaatbaar Risico' (MTR) en 'Verwaarloosbaar risico' (VR) geïntroduceerd. Het MTR voor oppervlaktewater is gebaseerd op effecten van stoffen op aquatische organismen en houdt ook rekening met doorvergiftiging. De VR is een factor 100 lager dan de MTR. De MTR kwaliteit wordt gezien als een minimaal kwaliteitsniveau en het bereiken van de VR is een streefwaarde voor de lange termijn. <i>De MTR en VR zijn conceptwaarden en dienen nog per regeringsbeslissing te worden vastgesteld!</i> Hoe zouden de kwaliteitsdoelstellingen moeten worden gehaald? Een brongerichte aanpak (b.v. vervanging koperen drinkwaterleidingen en zinken dakgoten) is voor de lange termijn aantrekkelijk (>25 jaar). Moeten de doelstellingen eerder worden behaald dan is een effectgerichte aanpak (vierde trap eindzuivering) meer voor de hand liggend.	
Beleid: De beleidskeuzes, zoals geformuleerd in de NW4, zijn: - prioriteit voor investeringen in vereiste stikstofverwijdering op RWZI's; - geen generieke maatregelen voor verdergaande zuivering; - lokaal verdergaande verwijdering van nutriënten of eenvoudige 4^e trap zuivering; - bronaanpak van microverontreinigingen ondanks langere implementatietijd; - optimale afstemming riolering en zuivering; - afkoppelen van verhard oppervlak; - beperken riooloverstortingen.	
Juridisch kader: De MTR-en VR-kwaliteit is weergegeven in Bijlage III-5.	
Conclusies: - normstelling in spanningsveld 'voorzorg' en 'wetenschap'; - meer aandacht voor prioritering bronnen uit normen voor waterkwaliteit (effectgerichte benadering); - communale bronnen zijn zeer relevant; toereikende aanpak via bronaanpak of eindzuivering is technisch mogelijk, vraagt wel om hoge investering of duurt lang; - regeringsvoornemen geeft prioriteit aan bronaanpak (zie hierboven). In het kader van hergebruik van effluent en de technische ontwikkelingen is het wellicht zinvoller te investeren in eindzuivering i.p.v. te wachten op bronmaatregelen; - normen voor grijswater, infiltratie in de bodem en voor hergebruik effluent: gewenst of ongewenst? Welke risico's willen we centraal afdekken en welke verantwoordelijkheden kunnen bij lokaal niveau worden gelegd?	

Nr. document:	18
Auteur:	Van der Velde, R.T. (Witteveen+Bos)
Titel:	Inventarisatie van gebruiksmogelijkheden van het effluent van de rwzi Etten 1999
Datum:	Haalbaarheidsstudie inzetten rwzi effluent als bron voor de watervoorziening
Soort project:	(WR&IJ, WG)
Soort document:	rapport Witteveen+Bos

Samenvatting:

Het doel van het onderzoek is een inventarisatie van mogelijke toepassingen en benodigde zuiverings-technieken om inzicht te krijgen in mogelijkheden voor hergebruik effluent rwzi Etten. Het effluent kan worden ingezet voor verdrogingsbestrijding (natuurgebied de Pol en Zumpe), industriewater, landbouwwater of huishoudwater.

Effluent als product:

Halffabrikaat voor drinkwater: verdere verwijdering van zwevende stof, organische micro-verontreinigingen, kleur en geur. Verbetering hygiënische kwaliteit.

Industriewater (proceswater papierindustrie, koelwater): verlaging van troebelheid, zwevende stof, verbetering hygiënische kwaliteit. Fluctuerende temperatuur effluent is knelpunt!

Landbouwwater: verbetering bacteriologische betrouwbaarheid (desinfectie), verlaging gehalte micro-verontreinigingen.

Huishoudwater: verbetering kleur, geur en troebelheid, hygiënisch en bacteriologisch betrouwbaar, beperking nageo in leidingen (AOC-gehalte).

Juridisch kader:

De kwaliteitseisen voor de verschillende hergebruikersopties zijn weergegeven in Bijlage III.

Financiële aspecten:

- de kosten voor nazuivering voor infiltratie in de bodem (De Pol en Zumpe) zijn circa f 1,- / m³.

Conclusies:

- infiltratie van nagezuiverd effluent tussen De Pol en De Zumpe is een aantrekkelijk alternatief. Extra zuivering voor vermindering van: micro-verontreinigingen, humuszuren en AOC en verbetering hygiënische kwaliteit;
- inzet van effluent als industriewater is mogelijk (vervanging voor grondwater). Alleen aantrekkelijk bij lage prijs industriewater (f 0,50 – 0,75 per m³);
- levering van landbouwwater vereist beperkte nazuivering. Door de hoge kosten voor distributie en de onzekere afzet wordt levering van effluent niet haalbaar geacht;
- de inzet van effluent als huishoudwater is mogelijk. Het debiet is echter beperkt en de transportafstand relatief lang. Vergaande nazuivering is noodzakelijk. Oppervlaktewater uit de IJssel lijkt een beter optie i.v.m. lagere distributiekosten;
- het DWA van de rwzi Etten is ruim voldoende om de industriële grondwateronttrekking te vervangen.

Nr. document:	19
Auteur:	Walraven, R. (Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht)
Titel:	Zwemmen in effluent
Datum:	1997
Soort project:	Effluentdesinfectie met UV, onderzoek en realisatie Blaricum / Huizen: t.b.v. NVA-symposium "Biologisch gezuiverd effluent: grondstof of eindproduct"
Soort document:	Publicatie in eindverslag symposium
Samenvatting: Het effluent van de rwzi Huizen wordt geloosd op het Gooimeer. Dit water heeft een recreatieve functie. Dit brengt een verplichting tot effluentdesinfectie met zich mee. Met de toegestane chloordosering werd een niet afdoende inactivering van virussen bereikt. Om aan de CUWVO-eis te kunnen voldoen is UV-desinfectie toegepast. Een techniek die tot nu toe in Nederland in de drinkwaterbereiding wordt toegepast en voor effluent in Frankrijk, USA en de VS.	
Effluent als product: Aanwezigheid in effluent van communale zuivering in Nederland: E-coli: 1.000 – 1.000.000 per liter; Virussen: 1 – 1.900 per liter.	
Juridisch kader: Richtlijn voor desinfectie: CUWVO beleidsvoorstel (zie Bijlage III-4): E-coli: 1.000 per liter (fagen (indicator organisme) 1 per 10 liter)	
Financiële aspecten: De kosten uitgedrukt per behandeld m ³ effluent bedragen bij nieuwbouw (rwzi Huizen) voor chloorbleek desinfectie f 0,11 en voor UV-desinfectie f 0,21.	
Zuiveringstechnische aspecten: UV-licht richt bij een golflengte van circa 260 nm schade aan het RNA-en DNA-stelsel van micro-organismen. Door deze beschadiging zijn bacteriën en virussen niet in staat zich te vermenigvuldigen. De meest gebruikte UV-bron is een lagedruk kwiklamp (90 % straling van 253,7 nm). <i>Voordelen en nadelen UV t.o.v. chloor:</i> geen vorming giftige organische verbindingen, niet toxisch en agressief, geen reststoffen, effectiever tegen virussen, compactere techniek, geen blijvende desinfecterende werking, veiligheidsmaatregelen, dure techniek. <i>Dimensioneringsgrondslagen:</i> effluenteisen, transmissie, zwevendestofgehalte, debiet. <i>Praktijkonderzoek Blaricum (RIZA, 1992)</i> - de 3-log reductie van E-coli en virussen is goed mogelijk; - de inactivering van bacteriën wordt negatief beïnvloed door verhoogde zwevendestofconcentraties (0-4 mg/l) en deeltjesgrootteverdeling; virussen zijn hiervoor minder gevoelig. <i>rwzi Huizen</i> - op de rwzi Huizen is een Trojan Systeem UV-3000 systeem geplaatst.	

Nr. document:	20	
Auteur:	Weijs, M.	
Titel:	Ultrafiltratie van rwzi-effluent; Verkennend onderzoek met een pilotplant 1997	
Datum:	Pilotonderzoek rwzi Ede	
Soort project:	Afstudeerverslag TU Delft, Faculteit Civiele Techniek, Sector Waterbeheer,	
Soort document:	Milieu en Gezondheidstechniek	
Samenvatting: Het pilotonderzoek is uitgevoerd op de rwzi Ede, in samenwerking met Witteveen+Bos, LHS Microfiltrations en X-flow. Het doel van het onderzoek in Ede was om de mogelijkheid te bekijken van het inzetten van nagezuiverd effluent als huishoudwater. De ultrafiltratie unit is getest met en zonder voorbehandeling door snelfiltratie.		
Effluent als produkt: <i>Kwaliteitsparameters:</i> Troebelheid Ptot	<i>effluent</i> gem. 1-4, max. 11 NTU 0,13-0,18 mg/l	<i>ultrafiltraat</i> <0,1 NTU 0,05 – 0,14 mg/l
Juridische aspecten: De ontwerpparameters voor huishoudwater zijn weergegeven in Bijlage III-6.		
Zuiveringstechnische aspecten: membraan: membraanoppervlak: bedrijfsvoering:	X-flow PS-membraan, inside-out, 1,5 mm, poriegrootte 10 nm 4 m ² dead-end	
Resultaten flux (min - max) transmembraandruk recovery reinigingsprocedure	55 -230 (l/m ² h) 0,6 – 0,9 bar 90 % bij een flux van 150 l/m ² h hydraulisch per 15 min.; chemisch per 2 uur (NaOCl 100 - 200 ppm, inweektijd 5 min.); grondige chemische reiniging per 3 dagen (NaOCl 100 –200 ppm, inweektijd enkele uren)	
Financiële aspecten: Een indicatieve kostenraming is gemaakt voor een nazuivering (840 m ³ /h): Operationele kosten ultrafiltratie: f 0,39/m ³ ; behandeling chloorstroom: f 0,03/m ³ , kosten snelfilter: f 0,05/m ³ .		
Conclusies: - zonder voorgeschakeld snelfilter is gedurende 2 weken gedraaid met een vaste flux van 0,9 bar. Met bovengenoemde reinigingsprocedure (100 ppm) daalde de flux telkens na een grondige reiniging in 3 dagen van circa 200 l/m ² h.bar naar 150 l/m ² h.bar; - voor het op dit niveau houden van de flux bleek een grote hoeveelheid chloor nodig.		

Nr. document:	21
Auteur:	Witteveen+Bos
Titel:	Benutting van het effluent van de rwzi Ede
Datum:	1999
Soort project:	Onderzoek op pilotplantschaal; Waterschap Vallei & Eem; NV Nuon Water; RIZA.
Soort document:	STOWA rapport '99 nr. 04
Samenvatting: De mogelijkheid is onderzocht om het effluent van de rwzi Ede in te zetten als grondstof voor huishoudwater voor de toekomstige wijk Kernhem. Uitgaande van de effluentkwaliteit van de rwzi Ede zijn zwevende stof, ammonium, kleur en pathogene micro-organismen als kritische componenten vastgesteld. De zuiveringsopzet is uitgewerkt bestaande uit een nazuiveringsinstallatie, gevolgd door bodempassage, winning en nabehandeling. Voor de zuivering is uitgegaan van vlokingsfiltratie of ultrafiltratie (UF).	
Juridisch kader: Voor de kwaliteit van huishoudwater bestaat nog geen wettelijk toetsingskader. Als normstelling is gebruik gemaakt van de in voorbereiding zijnde Herziening Waterleidingwet (zie Bijlage III-1). Voor de hygiënische kwaliteit is uitgegaan van de voorlopige EU-richtlijnen voor oppervlaktewater met als bestemming recreatie- of zwemwater.	
Zuiveringstechnische aspecten: - <i>Vlokingsfiltratie:</i> Snelfilter (open gravitatie) met meerlaags filterbed; toegepaste vlokmiddelen: ijzer en aluminium; filtratiesnelheden: 10 – 15 m/h. - <i>UF:</i> horizontale membraanmodule met tubulaire membranen; verticaal geplaatste module met capillaire membranen; dead-end; voorbehandelingen: in-line coagulatie met aluminium en vlokingsfiltratie.	
Transport en distributie: Door de aanwezigheid van assimileerbaar organisch koolstof (AOC) en nutriënten (stikstof en fosfaat) kan nagroei van micro-organismen optreden in het transport- en distributiestelsel. Nagroei kan worden voorkomen of beperkt door een vergaande nazuivering of een desinfectie met chloor (of transportchlorering).	
Financiële aspecten: - Vlokingsfiltratie met nageschakelde beluchting en UV-desinfectie: basiszuivering f 0,61 /m³; totale levering huishoudwater: f 1,46/m³ - UF: basiszuivering: f 0,99 /m³; totale levering huishoudwater: f 1,84/m³.	
Conclusies: - bij het gebruik van aluminium als vlokmiddel (2 mg Al³⁺/l) en een filtratiesnelheid van 10 m/h zijn de beste resultaten met vlokingsfiltratie gehaald (looptijd 7 uur). - bij het gebruik van tubulaire membranen is een stabiele bedrijfsvoering bereikt met een flux van 35 tot 45 l/m²h; transmembraandruk (TMD) 0,3 – 0,6 bar; recovery 70%. Voorbehandelingen leiden niet tot een significante verbetering. - bij een toepassing van capillaire membranen met luchtinjectie is een stabiele flux van 70 l/m²h bereikt; TMD range 0,3 – 0,5 bar; recovery 80%.	

Nr. document:	22
Auteur:	Hermans, P.G.B. (Witteveen+Bos)
Titel:	Hergebruik effluent RWZI Harnaschpolder
Datum:	1998
Soort project:	haalbaarheidsstudie inzetten RWZI effluent
Soort document:	rapport Witteveen+Bos
Samenvatting: In 1998 is in opdracht van het Heemraadschap Delfland een haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar de mogelijkheden van rwzi gebruik van de nog te bouwen rwzi Harnaschpolder. Op basis van de hoge kosten en de aanwezigheid van andere bronnen zijn er uit deze studie geen gebruiksmogelijkheden voor rwzi effluent geselecteerd.	
Juridisch kader: Voor gietwater gelden er zowel kwaliteitseisen als distributie-eisen om verstopping van irrigatiesystemen te voorkomen. De kwaliteitseisen verschillen per industriewatertoepassing en zijn het strengst voor proceswater. Er zijn nog geen officiële kwaliteitseisen voor huishoudwater.	
Financiële aspecten: - zuiveringskosten levering huishoudwater: f.0,50-f0,60 ct/m ³ .	
Conclusies: <i>Huishoudwater</i> - levering van huishoudwater is gezien de verspreide ligging van VINEX wijken en afstand tot rwzi financieel niet aantrekkelijk. <i>Gietwater</i> - toepassing van effluent als gietwater is niet haalbaar omdat: • de bestaande buffers een substantieel deel uitmaken van de berging in de polder. Amoveren hiervan leidt tot investeringen elders; • een zeer vertakt en kostbaar distributienet nodig is; • een vergaande zuivering nodig is; <i>Industriewater</i> - er is continu voldoende effluent beschikbaar; - voor koelwater is fluctuerende temperatuur koelwater ongewenst; - bij levering aan clusterbedrijven zal voor één kwaliteit moeten worden gekozen. Aan de hand van een selectie van bedrijven kan een inschatting van benodigde zuivering en kosten worden gemaakt; - gezien huidige kosten is alleen nabij de rwzi vervanging door drinkwatergebruikers interessant. Het is echter mogelijk dat in de toekomst de mogelijkheden voor effluenttoepassing toenemen door prijsstijgingen van drinkwater en ontwikkelingen op het gebied van de grondwateronttrekkingen.	

Nr. document:	23
Auteur:	M. Klein (Witteveen+Bos)
Titel:	Haalbaarheidsonderzoek intergraal waterbeheer Noorderplassen West te Almere, ECOwater
Datum:	1998
Soort project:	Haalbaarheidsonderzoek
Soort document:	Rapport Witteveen+Bos
Samenvatting: In opdracht van WWS Zuiderzeeland (voorheen Heemraadschap Fleverwaard) is een studie uitgevoerd voor de levering van huishoud- en industriewater in de nieuwbouwwijk Noorderplassen West. Als bron zijn grondwater, oppervlaktewater en rwzi-effluent onderzocht. Uit deze haalbaarheidsstudie viel rwzi-effluent af als waterbron door de relatief hoge zuiverings- en transportkosten. De hoge kosten waren terug te voeren op de kleinschaligheid van het project, de 'basis' investering voor zuivering en transport, zoals bijvoorbeeld het grondwerk bij de aanleg van een transportleiding, drukt bij kleine debieten veel zwaarder op de prijs per m ³ dan bij grote debieten.	
Effluent als product: Er wordt uitgegaan van een ECOwaterverbruik van 56 lpppd voor huishoudens (toilet, buitenkraan, wasmachine en brandkranen).	
Juridisch kader: De volgende aspecten voor ECOwater zijn van belang: bacteriologische betrouwbaarheid (zwemwater-norm oppervlaktewater), desinfectie/oxidatiemiddelen (zwemwaternorm binnenbaden), bedrijfstechnische parameters (normen voor drinkwater: hardheid, ijzer, mangaan, CZV), organoleptische- en esthetische parameters (normen voor drinkwater: kleur, geur, ijzer, mangaan). De genoemde normen zijn weergegeven in Bijlage III.	
Financiële aspecten: In het onderzoek in Noorderplassen [23] is ervan uitgegaan dat de kosten voor drinkwater jaarlijks <i>netto</i> meer stijgen dan de kosten voor 'ander water'. Er is uitgegaan van een netto stijging van respectievelijk 0,2 %, 0,5 % en 1 %. Uitgaande van een looptijd van 60 jaar is bepaald wanneer de levering van 'ander water' kostendekkend is.	

Nr. document:	24
Auteur:	P.V.Tienhooven. (Witteveen+Bos)
Titel:	Haalbaarheidsstudie huishoudwater Stadshagen
Datum:	1997
Soort project:	Haalbaarheidsstudie (WMO)
Soort document:	Rapport Witteveen+Bos
Samenvatting: Het doel van het onderzoek is een onderbouwing te leveren van het wel of niet leveren van huishoudwater in de nieuwbouwwijk Stadshagen.	
Juridisch kader: Over de hygiënische kwaliteitsstelling van huishoudwater was de discussie nog gaande. De hygiënische kwaliteit waarvan werd uitgegaan was gelijk aan die voor zwembadwater voor binnenbaden. De bedrijfstechnische en esthetische parameters voldoen aan de drinkwaternorm.	
Financiële aspecten: - levering niet onthard huishoudwater: $f\ 2,17\ /\text{m}^3$; - levering onthard huishoudwater: $f\ 2,00\ /\text{m}^3$.	
Conclusies: - een grotere afzet (ook voor wasmachine) van onthard water maakt een goedkopere levering mogelijk; - bij de levering van huishoudwater worden risico's genomen, door afwezigheid van jurisprudentie. Deze risico's worden verminderd door goede voorlichting, controle op wanverbindingen en veilige tappunten; - de keuze voor een huishoudwatersysteem zal voor een belangrijk deel ingegeven moeten worden door secundaire en 'zachte argumenten' zoals: • milieurendement; • kringloopsluiting; • uitstraling van wijk of stad; • investering in extra infrastructuur, kan in toekomst worden benut voor bijv industriewater.	

Nr. document:	25
Auteur:	Wouters, J.W. (Astraco)
Titel:	Meer dan effluent; Nageschakelde stikstofverwijdering
Datum:	1999
Soort project:	Overzicht ervaring met continue zandfiltratie rwzi De Groote Lucht
Soort document:	Publicatie in rapport PAO-cursus 'Meer dan effluent' 1999
Samenvatting: Er wordt een beschrijving gegeven van het ontwerp, de proefresultaten en de praktijkervaringen van de nageschakelde continue zandfilters op rwzi De Groote Lucht. De filters zijn ingezet vanwege de aangescherpte N- en P-eisen.	
Effluent als product: Waterkwaliteitsgegevens DWA effluent (gemiddeld): ss 15 mg/l, CZV 50 mg/l, NO ₃ -N 24,3 mg/l.	
Zuiveringstechnische aspecten: De beschrijving van de techniek is reeds opgenomen in de samenvatting van de publicatie over de ervaringen op Ruurlo en Wehl t.b.v. het NVA-symposium (zie ook Bijlage I). <i>Proefonderzoek</i> De proefinstallatie is hydraulisch gezien belast conform een praktijkinstallatie (15 – 45 m ³ /h; filtersnelheid: 5 –15 m/h). Er is uitgegaan van een methanolverbruik van 3,0 mg methanol per mg NO ₃ -N, waarbij rekening is gehouden met een additioneel methanolverbruik voor O ₂ . De hoeveelheid biomassa die kan worden gehandhaafd in het systeem is belangrijk voor het opvangen van piekbelastingen. Bij een optimale filterregeling werd 98% NO _x -N verwijderd. <i>Praktijkinstallatie</i> Ontwerpgrondslagen: max. hydraulische belasting: 3.600 m ³ /h; specifieke ontwerpbelasting: 15 m/h; specifieke No _x -N belasting DWA: 1,8 kg/m ³ /d; filteroppervlak: 240 m ² ; filterhoogte: 3,8 m; zandfractie: 1,4 –2,0 mm. De praktijkinstallatie verwijdert gemiddeld 95% nitraat en de CZV-toename als gevolg van een eventuele overdosering van methanol is nihil. Het gemiddelde verwijderingsrendement voor P _{totaal} is 25%. Als gevolg van de biologische denitrificatie stijgt de pH met 0,2 eenheden.	

Nr. document:	26
Auteur:	Van der Zandt, H.W.O. (DHV)
Titel:	Meer dan effluent; Desinfectie
Datum:	1999
Soort project:	Systeemkeuzestudie desinfectie effluent
Soort document:	Publicatie in rapport PAO-cursus 'Meer dan effluent' 1999
Samenvatting: Effluent in rwzi's bevat wisselende hoeveelheden pathogene organismen met ziekteverwekkende eigenschappen. Waar effluent op korte afstand van waterrecreatiegebieden wordt geloosd, is desinfectie van effluent noodzakelijk. Vaak is er een voorschrift voor een periode (mei tot en met september) waarin gedesinfecteerd moet worden. In het algemeen zijn geen exacte eisen m.b.t. microbiologische parameters opgenomen. Vaak worden de eisen voor zwemwater aangehouden. In de studie zijn veelbelovende technieken als alternatief voor chlorering besproken.	
Effluent als product: Het secundaire effluent van rwzi's bevat gemiddeld per liter: Thermotolerante coliformen: 106 –107; Faecale streptococci: 105 – 106; Enterovirussen: 102 –103 .	
Juridisch kader: Normen zwemwater (Besluit Hygiëne en Veiligheid zwemgelegenheden) per liter: Totale coliformen: 105; Thermotolerante coliformen: 2.104; Faecale streptococci: 3.103; Salmonella: 1; Enterovirussen: 10-1.	
Zuiveringstechnische aspecten: Voor de volgende technieken zijn een beschrijving, de werking, de dimensioneringsgrondslagen, de praktijkervaring en de beïnvloeding van de effluentkwaliteit opgenomen: chlorering, chloordioxide, ozon, UV, membraanfiltratie, perazijnzuur, rietvelden.	
Financiële aspecten: De stichtings- en exploitatiekosten van de genoemde technieken (behalve van perazijnzuur en rietvelden) zijn vermeld in de publicatie.	
Conclusies: - desinfectie met ozon is niet geschikt voor de toepassing op rwzi's vanwege de hoge kosten; - met chloorbleekloog en -dioxide worden virussen niet of matig gedood. Er is een kans op vorming van gevaarlijke nevenproducten. Wanneer enterovirussen slechts een geringe rol spelen kan chloor een geschikt desinfectant zijn; - met perazijnzuur (PAA) is nog weinig ervaring. Bekend is dat het BZV-gehalte in het effluent wordt verhoogd. Proefnemingen zijn gewenst; - UV-desinfectie wordt genoemd als de meest geschikte toepassing; - membraanfiltratie is een goede outsider. De kosten zijn circa 2x zo hoog als voor UV. Hergbruiksdoel-einden komen in zicht vanwege de goede kwaliteit.	

Bijlage II.5 Huishoudwater in Nederland in uitvoering (wit) of gepland (donker)

Bron	Aantal woningen per project			
	1 – 10	> 10 – 100	>100 – 1000	> 1000
Regenwater (individueel en semi-collectief)	Arnhem (school)	Alphen (Ecolonia)		
	Bunnik (kantoor)	Amsterdam (BanneOost)		
	Drunen (Indialaan)	Arnhem (Polderdrift)		
	Hall (huis)	Den Haag (De Waterspin)		
	Hasselt(gemeentehuis)	Drachten (Morra park)		
	Heerlen (school)	Herten (Molenveld)		
	Leeuwarden (school)	Leeuwarden		
	Leiden (school)	Pey (13 won.)		
	Leiden (kantoor.)	Utrecht (Groene Dak)		
	Leusden (kantoor)	Zutphen (de Enk)		
	Rotterdam (kantoor)	Zwolle (Oldenelerbroek)		
	Tiel (kantoor)	Zwolle (De Bongerd)		
	Tilburg (kantoor)			
	Zeist (kantoor)			
	Zwolle (kantoor)			
		Bennebroek (sen.won.)	Oegstgeest (Poeigeest)	
		Boxtel (de zonnegolven)	Axel (De hoven)	
		Dordrecht (Oudelandshoek)		
		Heerlen (Carisven)		
		Valkenburg (Veldzicht)		
		Zeist (De Bunzing)		
	Leeuwarden	Den Haag (De Waterspin)		
	Leusden	Utrecht (Groene Dak)		
Grijswater (individueel en semi-collectief)		Dordrecht (Oudelandshoek)	Rotterdam (Puntegale)	Tilburg ¹ (WB)
Tweede net (collectief)		Grouw	Doetinchem (Dichteren)	Eindhoven(Meerhoven) ^{WT}
			Druten (Buitenhof)	Utrecht(Leidse Rijn) ^{WTB}
			Lent (Visveld)	
			Wageningen(N. west)	
			Oosterhout	Amsterdam(IJburg) ^{WT}
			Etten-Leur	Ede (Kernhem) ^{WTBb}
			Emmen	Almere(Lepelaar) ^{WTB}
			Beilen	Houten Zuid (Id.)
				Amersfoort
				(Vathorst) ^{TW(B)}
				Veenendaal ^{WT(B)}
				Breda (Teteringen) ^{WTBb}
				Waalwijk(Driessen) ^{WTBb}

¹W: wasmachine; T: toilet; B: buitenkraan; b: bluswater

Bijlage III Normen en Richtlijnen

Bijlage III Normen en richtlijnen

Bijlage III-1 Normen drinkwater

III-1.1 Waterkwaliteitsdoelstellingen oppervlaktewater voor bereiding drinkwater

Parameter	Eenheid	Norm	Onderzoeksfrequentie per jaar ²
Zuurgraad	pH	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,0^1$	12
Kleurintensiteit	mg/l (Pt)	$\leq 50^1$	12
Gesuspendeerde stoffen	mg/l	≤ 50 het rekenkundig gemiddelde van de uitkomsten van het onderzoek	4
Temperatuur	°C	≤ 25	12
Geleidingsvermogen voor elektriciteit	mS/m	$\leq 100^1$	12
Geurverduunningsfactor	-	≤ 16	12
Nitraat	mg/l-N	$\leq 10^1$	12
Fluoride	mg/l-F	≤ 1	4
Sulfaat	mg/l-SO ₄	$\leq 100^1$	4
Chloride	mg/l-Cl	$\leq 200^1$	12
Natrium	mg/l-Na	$\leq 120^1$	4
IJzer opgelost	mg/l-Fe	$\leq 0,5^1$	4
Mangaan	mg/l-Mn	$\leq 0,5^1$	4
Boor	mg/l-B	≤ 1	4
Koper	µg/l-Cu	≤ 50	4
Zink	µg/l-Zn	≤ 200	4
Beryllium	µg/l-Be	≤ 1	4
Arseen	µg/l-As	≤ 20	4
Cadmium	µg/l-Cd	$\leq 1,5$	4
Chroom	µg/l-Cr	≤ 50	4
Lood	µg/l-Pb	≤ 30	4
Seleen	µg/l-Se	≤ 10	4
Kwik	µg/l-Hg	$\leq 0,3$	4
Barium	µg/l-Ba	≤ 200	4
Cyanide	µg/l-CN	≤ 50	4
Met waterdamp vluchtige fenolen	µg/l-C ₆ H ₅ OH	≤ 5	4
Minerale olie	µg/l	≤ 200	4
Oppervlakte-actieve stoffen die reageren met methyleen-blauw	µg/l (lauryl-sulfaat)	≤ 200	4
Polycyclische aromatische koolwaterstoffen	µg/l	$\leq 0,2$	4
Extraheerbaar organisch gebonden chloor	µg/l-Cl	≤ 10	4
Vluchtig organisch gebonden chloor	µg/l-Cl	≤ 20	4
Organochloor-pesticiden totaal	µg/l	$\leq 0,1$	4
Organochloor-pesticiden per afzonderlijke stof:	µg/l	$\leq 0,05$	4
aldrin			
dieldrin			

Parameter	Eenheid	Norm	Onderzoeksfrequentie per jaar ²
endrin heptachloorepoxide dichloordifeny-trichloorethaan dichloordifeny-dichloorethaan dichloordifeny-dichlooretheen hexachloorbenzeen α-hexachloorcyclohexaan γ-hexachloorcyclohexaan Cholinesteraseremmers	μg/l (para-oxon)	≤ 1,0	4
Fosfaat	μg/l-P	≤ 200 ¹ De aangegeven waarde betreft het rekenkundig gemiddelde van de uitkomsten van het onderzoek en is niet van toepassing op oppervlaktewater waarin zich geen overmatige groei van hogere waterplanten voordoet en het gemiddelde gehalte aan algenbiomassa gedurende de maanden april tot en met september lager dan of gelijk is aan: 100 μg/l-chlorofyl-a	12
Organisch gebonden stikstof	mg/l-N	≤ 2,5	4
Ammonium	mg/l-N	≤ 1,2 ¹	12
Biochemisch zuurstofverbruik	mg/l-O ₂	≤ 7	12
Chemisch zuurstofverbruik	mg/l-O ₂	≤ 30 ¹	12
Zuurstof opgelost	mg/l-O ₂	≥ 5 ¹	12
Algen biomassa	μg/l-chlorofyl-a	≤ 100 De aangegeven waarde betreft het rekenkundig gemiddelde van de uitkomsten van het onderzoek en geldt gedurende de maanden april tot en met september	6
Thermotolerante bacteriën van de coli-groep	aantal/ml	≤ 20 de mediaan-waarde van de uitkomsten van het onderzoek	12
Faecale streptococci	aantal/ml	≤ 10 de mediaan-waarde van de uitkomsten van het onderzoek	12
Salmonellae	aantal/100 ml	≤ 1 de mediaan-waarde van de uitkomsten van het onderzoek	4
(AMvB D&M 1983, 606)			

¹ Overschrijdingen van de norm als gevolg van de natuurlijke gesteldheid van de bodem en de invloed daarvan op het water worden niet beschouwd als overschrijding.

² De onderzoeks-frequentie kan per parameter worden teruggebracht van 12 tot 4, van 6 tot 2 en van 4 tot 1 indien:

1° onderzoek gedurende de twee voorafgaande jaren heeft aangetoond dat de desbetreffende norm geen enkele maal anders dan als gevolg van uitzonderlijke weersomstandigheden, of uitzonderlijke hydrodynamische omstandigheden zoals die afgeleid kunnen worden uit hoge gehalten aan gesuspendeerde stoffen, is overschreden, alsmede

2° redelijkerwijs kan worden aangenomen dat de norm niet zal worden overschreden.

Voorschriften ten aanzien van de toetsing

Met het oog op de beantwoording van de vraag of aan de kwaliteitsdoelstelling is voldaan, dient te worden nagegaan of er overschrijdingen van de normen zijn opgetreden. Daarbij dienen niet te worden meegerekend:

- a. overschrijdingen van de normen, die zijn veroorzaakt door uitzonderlijke weersomstandigheden, of uitzonderlijke hydrodynamische omstandigheden zoals die afgeleid kunnen worden uit hoge gehalten aan gesuspendeerde stoffen.
- b. per kalenderjaar per parameter één overschrijding van de norm voor parameters ten aanzien waarvan 12 keer per jaar onderzoek dient plaats te vinden, indien minstens 11 waarnemingen beschikbaar zijn waaronder geen overschrijding als bedoeld onder a voorkomt, met dien verstande dat waarnemingen zijn uitgevallen als gevolg van ijsbedekking, geldt dit voorschrift indien minstens 10 waarnemingen beschikbaar zijn waaronder geen overschrijding als bedoeld onder a voorkomt.

Bij parameters ten aanzien waarvan een gemiddelde of mediaanwaarde is gegeven, worden de waarnemingen die zijn beïnvloed door uitzonderlijke weersomstandigheden, of uitzonderlijke hydrodynamische omstandigheden zoals afgeleid worden uit hoge gehalten aan gesuspendeerde stoffen, niet meegerekend.

III-1.2 Drinkwaternormen

PARAMETER	EENHEID	DRINKWATERBESLUIT	VEWIN aanbeveling	EU RICHTLIJN richtlijn	MAC
<u>ORGANOLEPTISCH</u>					
kleur	mg/l Pt/Co schaal	20	10	1	20
troebelingsgraad	FTE	1	< 0.2	0.1	1
reuk	verduunningsfactor	2 bij 12°C 3 bij 25°C	reukloos	0	2 bij 12°C 3 bij 25°C
smaak	verduunningsfactor	2 bij 12°C 3 bij 25°C	aangenaam	0	2 bij 12°C 3 bij 25°C
<u>FYSISCH/CHEMISCH</u>					
temperatuur	°C	25	5 - 15	12	25
zuurgraad	pH	7-9.5	8.0 - 8.3	6.5 - 8.5	-
geleidingsvermogen	µS/cm bij 20°C	1250	< 800	400	-
chloriden	mg/l Cl	150	150	25	-
sulfaten	mg/l SO ₄	150	< 100	25	250
calcium	mg/l Ca	150	< 100	100	-
magnesium	mg/l Mg	50	< 30	30	50
natrium	mg/l Na	120		20	150
kalium	mg/l K	12	12	10	12
aluminium	mg/l Al	0.2	< 0.05	0.05	0.2
hardheid	mmol/l	min 1.5	1.5 - 2.5	-	-
droogrest	mg/l	1000	1000	-	1500
opgeloste zuurstof	mg/l O ₂	> 2	> 4	-	-
vrije kooldioxyde	mg/l CO ₂	niet agressief	KIWA 54	-	-
<u>ONGEWENSTE STOFFEN</u>					
nitraten	mg/l NO ₃	50	< 25	25	50
nitrieten	mg/l NO ₂	0.1	< 0.05	-	0.1
ammonium	mg/l NH ₄	0.20	< 0.05	0.05	0.5
Kjeldahl stikstof	mg/l N	1	1	-	1
oxydeerbaarheid	mg/l O ₂	5	2	2	5
tot. org. koolstof	mg/l C	-	< 5	-	-
zwavelwaterstof	mg/l S	-	-	-	-
met chloroform extraheerbare stof	mg/l droogrest	1	1	0.1	-
minerale oliën	µg/l	10	10	-	10
fenolen	µg/l C ₆ H ₅ OH	0.5	0.5	-	0.5
borium	µg/l B	1000	1000	1000	-
opp.act. stoffen	µg/l	200	200	-	200
gechlor.kws	µg/l	1	-	1	-
ijzer	µg/l Fe	200	< 50	50	200
mangaan	µg/l Mn	50	< 20	20	50
koper	µg/l Cu	100 ¹ /3000 ²	100 ¹ /3000 ²	100 ¹ /3000 ³	-
zink	µg/l Zn	100 ¹ /5000 ²	100 ¹ /5000 ²	100 ¹ /5000 ³	-
fosfor	µg/l P ₂ O ₅	2000 totaal P	< 165	400	5000
fluor	µg/l F	1100	1100	-	-
kobalt	µg/l Co	-	-	-	-
stoffen in suspensie	mg/l	1	1	afwezig	-

PARAMETER	EENHEID	DRINKWATERBESLUIT	VEWIN aanbeveling	EU RICHTLIJN richtlijn MAC	
chloorresten	µg/l Cl	-	< 200	-	-
barium	µg/l Ba	500	< 100	100	-
zilver	µg/l Ag	10	-	-	10
TOXISCHE STOFFEN					
arsenicum	µg/l As	50 ⁵	50 ⁵	-	50
beryllium	µg/l Be	-	-	-	-
cadmium	µg/l Cd	5 ⁵	5 ⁵	-	5
cyaniden	µg/l CN	50 ⁵	50 ⁵	-	50
chroom	µg/l Cr	50 ⁵	50 ⁵	-	50
kwik	µg/l Hg	1 ⁵	1 ⁵	-	1
nikkel	µg/l Ni	50 ⁵	50 ⁵	-	50
lood	µg/l Pb	50 ⁵	50 ⁵	-	50
antimonium	µg/l Sb	10 ⁵	10 ⁵	-	10
selenium	µg/l Se	10 ⁵	10 ⁵	-	10
vanadium	µg/l V	-	-	-	-
pesticiden per stof	µg/l	-	-	-	0.1
pesticiden totaal	µg/l	-	-	-	0.5
PAK's	µg/l	0.2 ⁵	0.2 ⁵	-	0.2
MICROBIOLOGISCH					
totaal E. coli	aantal/100 ml	-	0.33	-	0
faecale coli	aantal/100 ml	< 0.33	< 0.33	-	0
streptococci	aantal/100 ml	< 1	< 1	-	0
Clostridia	aantal/20 ml	< 1	< 1	-	-
kiemgetal ¹	aantal/ml	< 10 (37°C)	< 10 (37°)	< 10 (37°C)	-
		< 100 (22°C)	< 100(22°)	< 100(22°C)	-
kiemgetal ⁴	aantal/ml	-	-	5 (37°C)	20 (37°)
		-	-	20(22°C)	100(22°)

¹ aflevering pompstation

² na 16 uur stilstand in leiding, jaarlijks gemiddelde

³ na 12 uur stilstand in leiding

⁴ water in verpakking

⁵ maximaal toelaatbare concentratie

Bron: [Waterleidingbesluit, 1984]

Bijlage III-2 Infiltratiebesluit

STOF	EENHEID	TOETSINGSWAARDE (opgelost) ¹
<u>MACROPARAMETERS</u>		
zuurgraad (pH)	-	- ²
zwevende stof	mg/l	0.5 ³
calcium (Ca ²⁺)	mg/l	- ²
chloride (Cl ⁻)	mg/l	200 ^{2,3}
waterstofcarbonaat (HCO ₃ ⁻)	mg/l	- ²
natrium (Na ⁺)	mg/l	120 ^{2,3}
ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l - N	2.5
nitraat (NO ₃ ⁻)	mg/l - N	5.6 ^{2,3}
totaal fosfaat (PO ₄ ²⁻ -totaal)	mg/l - P	0.4
sulfaat (SO ₄ ²⁻)	mg/l	150 ²
fluoride (F ⁻)	mg/l	1
cyaniden totaal (CN totaal)	µg/l	10
<u>ZWARE METALEN</u>		
arsen (As)	µg/l	10
barium (Ba)	µg/l	200 ³
cadmium (Cd)	µg/l	0.4
cobalt (Co)	µg/l	20
chrom (Cr)	µg/l	2
koper (Cu)	µg/l	15
kwik (Hg)	µg/l	0.05
nikkel (Ni)	µg/l	15
lood (Pb)	µg/l	15
zink (Zn)	µg/l	65
<u>BESTRIJDINGSMIDDELEN</u>		
som van de bestrijdingsmiddelen	µg/l	0.5 ⁴
<i>organochloorbestrijdingsmiddelen</i>		
som	µg/l	0.1
endosulfan	µg/l	0.05
α-HCH	µg/l	0.05
-HCH (lindaan)	µg/l	0.05
DDT (incl. DDD en DDE)	µg/l	0.05
dichloorpropeen	µg/l	0.05
aldrin	µg/l	0.05
dieldrin	µg/l	0.05
endrin	µg/l	0.05
heptachloor	µg/l	0.05
heptachloorepoxide	µg/l	0.05
hexachloorbutadieen	µg/l	0.05
hexachloorbenzeen	µg/l	0.05
<i>organofosforbestrijdingsmiddelen</i>		
azinfos-methyl	µg/l	0.1
dichloorvos	µg/l	0.1
dimethoat	µg/l	0.1
mevinfos	µg/l	0.1
parathion	µg/l	0.1

PARAMETER	EENHEID	TOETSINGSWAARDE
<i>triazines/triazinonen/aniliden</i>		
atrazine	µg/l	0.1
simazine	µg/l	0.1
metolachloor	µg/l	0.1
<i>chloorfenoxyherbiciden</i>		
2-methyl-4-chloorfenoxy-azijnzuur (MCPA)	µg/l	0.1
mecoprop	µg/l	0.1
2,4-dichloorfenoxy-azijnzuur (2,4 D)	µg/l	0.1
<i>ureumherbiciden</i>		
chloortoluron	µg/l	0.1
isoproturon	µg/l	0.1
metoxuron	µg/l	0.1
linuron	µg/l	0.1
<i>chloorfenolen</i>		
trichloorfenolen	µg/l	0.1
tetrachloorfenol	µg/l	0.1
pentachloorfenol	µg/l	0.1
<i>diversen</i>		
dinoseb	µg/l	0.1
2,4 dinitrofenol	µg/l	0.1
bentazon	µg/l	0.1
<u>OLIE</u>		
minerale olie	µg/l	200
<u>POLYCYCLISCHE AROMATISCHE KOOLWATERSTOFFEN</u>		
naftaleen	µg/l	0.1
anthraceen	µg/l	0.02
fenanthreen	µg/l	0.02
cryseen	µg/l	0.02
fluorantheen	µg/l	
benzo(a)anthraceen	µg/l	
benzo(k)fluorantheen	µg/l	Σ 0.1
benzo(a)pyreen	µg/l	
benzo(ghi)peryleen	µg/l	
indeno(123cd)pyreen	µg/l	
<u>GEHALOGENEERDE KOOLWATERSTOFFEN</u>		
trichlooretheen	µg/l	0.5
tetrachlooretheen	µg/l	0.5
trihalomethanen (THM's)	µg/l	2 ⁵
dichloorfenolen	µg/l	0.5
adsorbeerbare organische halogeenverbindingen	µg/l	30 ⁶

Opmerkingen bij de getalswaarden Infiltratiebesluit:

- ¹ De toetsingswaarde voor zwevende stof betreft de niet opgeloste hoeveelheid materiaal
- ² Punt van aandacht bij de vergunningverlening in verband met de lokale situatie
- ³ In het infiltratiewater mag 70 dagen per jaar een concentratie aanwezig zijn boven de hier genoemde, waarbij de volgende maxima niet mogen worden overschreden:
zwevende stof 2 mg/l; chloor 300 mg/l; natrium 180 mg/l; nitraat 11.2 mg N/l; barium 300 µg/l.
- ⁴ Dit betreft de som van de concentraties van de in deze lijst genoemde bestrijdingsmiddelen, waarbij bepalingen waarvan het meetresultaat < detectiegrens is, een meetresultaat 0 wordt toegekend.
- ⁵ THM te bepalen als de som van de concentraties van chloroform, broomdichloormethaan, dibroomchloormethaan, en bromoform.
- ⁶ Als een transportchlooring wordt toegepast, is het toegestane maximum 70 µg/l.
- Als een transportchlooring wordt toegepast, is het toegestane maximum 100 µg/l.

Bijlage III-3 Normen landbouwwater

III-3.1 Waterkwaliteitsdoelstellingen landbouw

Omschrijving	Eenheid	Sub-straat	Overige glastuinbouw	Groente	Fruit	Akkerbouw	Grasland
Troebeling	mgSiO _x /l	750) ¹	750) ¹	750) ¹	750) ¹	750) ¹	750) ¹
KMnO-verbruik	mg/l	8	16	16			
hardheid (tot.)	°D		12	12	12		
EC ₂₅	mS/cm	1,0	1,5	1,5	1,7	2,7	2,7
zuurgraad	pH	6,5 tot 8					
Cl ⁻	mg/l	50) ⁴	200	300	300	600	600
HCO ₃ ⁻	mg/l	250	250	180	250		
NO ₂ ⁻	mg/l						
NO ₃ ⁻	mg/l						
PO ₄ ³⁻	mg/l						
S ²⁻	mg/l	1,0) ¹	1,0) ¹	1,0) ¹	1,0) ¹	1,0) ¹	1,0) ¹
SO ₄ ²⁻	mg/l						
Al	mg/l	5 bij pH < 5,5					
As	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Ba	mg/l						
B	mg/l	0,3	0,6	1,0	1,0	2,0	1,0
Be	mg/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Br	mg/l	1,0	3,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Ca	mg/l	100	250				
Co	mg/l	0,05: met name bij pH < 5,5					
Cd	mg/l	0,01) ²	0,01) ²	0,01) ²	0,01) ²	0,01) ²	0,01) ²
Cu	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Cr	mg/l	Totaal Cr: 1; zeswaardig Cr: 0,1					
F	mg/l	0,5	0,5	1,0 met name bij pH < 5,5			
Fe	mg/l	00,5	2,5) ³	2,5) ³	1	7	15
Hg	mg/l						
K	mg/l						
Li	mg/l	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Mg	mg/l	20					
Mn ²⁺	mg/l	1	1	1			
Mn tot.	mg/l	0,5	1,5	2,0; met name pH < 5,5			
Mo	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Na	mg/l	25	125	115			
NH ₄ ⁺	mg/l		2	2			
Ni	mg/l	0,2; met name bij pH < 5,5					

Omschrijving	Eenheid	Sub-straat	Overige glastuinbouw	Groente	Fruit	Akkerbouw	Grasland
Pb	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Se	mg/l	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Sn	mg/l	nauwelijks opgenomen door plant; tolerantie niet bekend					
Ti	mg/l						
V	mg/l						
W	mg/l						
Zn	mg/l						
		0,5	1,5	2,0; met name in humusarm materiaal en bij pH < 5,5			
organochloorpesticiden	mg/l						
cholinesteraseremmers	mg/l						
phenolen	mg/l						
minerale oliën en vetten	mg/l						
methyleenblauw-actieve stoffen	mg/l						
faecale colibacteriën	aantal/l	25000 (totaal) ¹					

)¹ risico voor verstopping van beregeningsproeiers en drinknippels

)² bij continu gebruik: 0,0025

)³ bij beregening onder gewassen: 5 mg/l toelaatbaar; druppelaars en drinknippels verstopen echter bij > 1 mg/l

)⁴ bij recirculatie (hergebruik van het water): 25

Bovenstaande cijfers zijn attenderingswaarden voor waterkwaliteit. Bij overschrijding (onderschrijding indien minima staan vermeld) is het schaderisico groot, zij het afhankelijk van interacties.

(Huinink, J.T.M., 1987)

III-3.2 Grenswaarden voor het beoordelen van drinkwater voor vee

		Herkauwers		Varkens		Pluimvee	
pH	[1]	5-8	(< 4 en > 9)	5-8	(< 4 en > 9)	5-8	(< 4 en > 9)
ammonium (mg/L)	[2]	< 2,0	(> 10)	< 1,0	(> 2,0)	< 1,0	(> 2,0)
nitriet (mg/L)		< 0,1	(> 1,0)	< 0,1	(> 1,0)	< 0,1	(> 1,0)
nitraat (mg/L)	[3]	< 100	(> 200)	< 100	(> 200)	< 25	(> 50)
chloride (mg/L)	[5,6]	< 250	(> 2000)	< 250	(> 2000)	< 100	(> 2000)
zout (via Na) (mg/L)		< 2000	(> 4000)	< 1000	(> 2000)	< 350 jonge hen leggen	(> 500) (> 1000)
ijzer (mg/L)	[4]	< 0,5	(> 10)	< 0,5	(> 10)	< 0,5	(> 2,5)
mangaan (mg/L)		< 1,0	(> 2,0)	< 1,0	(> 2,0)	< 1,0	(> 2,0)
sulfaat (mg/L)	[5]	< 100	(> 250)	< 100	(> 250)	< 100	(> 250)
hardheid (°D)	[5,6]	< 15	(> 25)	< 15	(> 25)	< 15	(> 20)
KMnO ₄ - getal	[1]	< 50	(> 200)	< 50	(> 200)	< 50	(> 100)
sulfide		< 0	(> 0)	< 0	(> 0)	< 0	(> 0)
E.coli (kiem/mL)	[7]	< 100	(> 100)	< 100	(> 100)	< 100	< 100
Totaal kiemgetal (kiem/mL)	[7]	< 100.000	(> 100.000)	< 100.000	(> 100.000)	< 100.000	(> 100.000)
[]: zie opmerkingen bij het grenswaardenoverzicht (pagina 4, bijlagen)							

(Gezondheidsdienst voor dieren, oktober 1995)

Opmerkingen bij het grenswaardenoverzicht

Bij de beoordeling van drinkwater op bruikbaarheid voor pluimvee wordt uitgegaan van onderzoek verricht volgens de Richtlijn van de Raad van de Europese Gemeenschappen betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water, van 15 juli 1980 (80/778 EEG).

1. Een afwijkende pH (<4 en >9) is een indicator voor risico van industriële verontreiniging. Wanneer medicamenten via het drinkwater worden verstrekt, moet men rekening houden met het feit dat de samenstelling van het water de werkzaamheid van de medicamenten kan beïnvloeden. Oxytetracycline wordt geïnactiveerd door calcium, magnesium en ijzer. Bovendien lost O.T.C. slecht op bij pH hoger dan 7,0. Sulfonamiden (sulfa's) worden sterk gebonden aan organische stoffen. Daarom mag de oxydeerbaarheid (KMnO_4 -getal) niet groter zijn dan 50, bij voorkeur kleiner dan 25. De pH moet tussen de 6 en 8 liggen. Tylosine kan het beste worden toegevoegd bij een pH-waarde van 5,5 tot 7,0.
2. Herkauwers kunnen tijdelijk hogere ammonium-concentraties best verdragen, echter hogere ammoniumconcentraties wijzen op bacteriële verontreiniging (mest-water), waardoor het water beter kan worden afgekeurd. Vooral de combinatie ammonium-pH is belangrijk. Bij een pH groter dan 8 moet de ammoniumconcentratie lager zijn dan bij een pH kleiner dan 8, aangezien bij hogere pH vrij ammoniak wordt gevormd. Vooral de verhouding ammonium ten opzichte van nitriet en nitraat is belangrijk. Veel ammonium en nitriet ten opzichte van nitraat is ongunstig (bacteriële processen). In water uit diepe grondwaterputten behoort doorgaans weinig ammonium te zitten (minder dan 2 mg/L), behalve in water uit putten van veengronden en polders. Bij filtreren in ontijzeringsinstallaties wordt dit vaak via nitriet omgezet in nitraat.
3. Nitraatconcentraties groter dan 200 mg/L worden ongewenst geacht. Bij concentraties tussen 100 en 200 mg/L dient rekening te worden gehouden met het nitraatgehalte van het rantsoen. Hierbij kan worden opgemerkt dat het drinkwater in het algemeen relatief gezien een geringe bijdrage tot de totale nitraatopname zal leveren. Echter vooral bij jonge dieren moet men voorzichtig zijn met al te hoge nitraatconcentraties (groter dan 200 mg/L). Als maatstaf geldt dat een volwassen rund zonder risico per voeding (2 per dag) 50 tot 60 gram nitraat via groenvoeders en 25 tot 30 gram via hooi kan opnemen.
4. In goed drinkwater zit doorgaans niet meer dan 0,2 mg/L ijzer. Ijzer is niet snel giftig, echter:
 - a. boven de 2,5 mg/L raken de drinknippels verstopt en is het water bovendien niet meer geschikt om gereedschap schoon te spoelen;
 - b. boven de 10 mg/L ijzer wordt het water slecht gedronken wegens de ijzersmaak die dan gaat overheersen. Het water wordt dan afgekeurd.
5. Hard water is op zichzelf niet schadelijk voor dieren, echter het verstopt op den duur de drinknippels en is ook ongeschikt om mee te reinigen.
6. Water met een chlorideconcentratie van meer dan 200 mg/L en een hardheid van minder dan 15 °D (komt overeen met 2,7 mmol/L calcium en magnesium) kan een aantasting van mortel veroorzaken.
7. De getallen geven het maximum aantal bacteriën per mL aan, waarbij drinkwater als geschikt kan worden beoordeeld.

Bijlage III-4 Normen recreatiewater

III-4.1 Waterkwaliteitsdoelstellingen zwemwater (Wvo)

Parameter	Eenheid	Norm
Zuurgraad	pH	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,0^1$
Doorzicht	meter	$\geq 1,0^1$ ²
Thermotolerante bacteriën van de coli-groep	aantal/ml	≤ 3 de mediaan-waarde van de uitkomsten van het onderzoek
Kleur	-	Een niet anders dan door natuurlijke omstandigheden veroorzaakte kleur
Geur	-	Afwezigheid van rottingsgeuren of andere geuren die algemeen als hinderlijk worden ervaren, in het bijzonder de geur van fenolen
Schuim	-	Een niet anders dan door natuurlijke omstandigheden veroorzaakte hoeveelheid schuim
Olie	-	Geen zichtbare hoeveelheid olie op het wateroppervlak
Vuil	-	Afwezigheid in en op het water en op de bodem van afvalstoffen en dode organische materie in aanmerkelijke hoeveelheid
Faecale streptococci	aantal/ml	≤ 3 de mediaan-waarde van de uitkomsten van het onderzoek
Salmonellae	-	Niet aantoonbaar in 100 ml
Enterovirussen	-	Niet aantoonbaar in 1 liter
Met waterdamp vluchtige fenolen	$\mu\text{g/l-C}_6\text{H}_5\text{OH}$	≤ 10
Minerale olie	$\mu\text{g/l}$	≤ 200
Oppervlakte-actieve stoffen die reageren met methyleen-blauw	$\mu\text{g/l}$ (laurylsulfaat)	≤ 200
Zuurstof opgelost	mg/l-O_2	$\geq 5^1$
Organochloor- en fosforpesticiden		
Metalen en cyanide		

(AMvB D&M, Staatsblad 1983, 606)

(de onderzoeksfrequentie is niet overgenomen)

¹ Overschrijdingen van de norm als gevolg van de natuurlijke gesteldheid van de bodem en de invloed daarvan op het water worden niet beschouwd als overschrijding.

² Indien niet bekend is door welke oorzaak de norm wordt overschreden, dient het onderzoek plaats te vinden ten aanzien van de parameters: algenbiomassa, organisch gebonden stikstof, ammonium, nitraat en fosfaat.

III-4.2 Waterkwaliteitsdoelstellingen zwemwater (WHVZ)

Normen voor zwemwater in zweminrichtingen ingericht voor het zwemmen in oppervlaktewater en de andere op grond van artikel 10b van de wet geïnventariseerde plaatsen

Parameters	Eenheid	Norm
1. Thermotolerante bacteriën van de coligroep	aantal per 100 ml	≤ 2000
2. Doorzicht	meter	$\geq 1^1$
3. Zuurgraad	pH	$6,0 \leq \text{pH} \leq 9,0^1$
4. Kleur	-	Een niet anders dan door natuurlijke omstandigheden veroorzaakte kleur
5. Geur	-	Afwezigheid van rottingsgeuren of andere geuren die algemeen als hinderlijk worden ervaren, in het bijzonder de geur van fenolen
6. Schuim	-	Een niet anders dan door natuurlijke omstandigheden veroorzaakte hoeveelheid schuim
7. Olie	-	Geen zichtbare hoeveelheid olie op het wateroppervlak
8. Vuil	-	Afwezigheid in of op het water en op de bodem van afvalstoffen en dode organische materie in aanmerkelijke hoeveelheid
9. Salmonellae	-	Niet aantoonbaar in 100 ml
10. Entero-virussen	-	Niet aantoonbaar in 1 liter

¹ Overschrijdingen van de norm als gevolg van de natuurlijke gesteldheid van de bodem en de invloed daarvan op het water worden niet beschouwd als overschrijding.

(AMvB BHVZ (Staatsblad 1984, 470))

III-5.1 Waterkwaliteitsdoelstellingen water voor zalmachtigen en water voor karperachtigen

175

Parameter	Eenheid	Norm	
		water voor zalmachtigen	water voor karperachtigen
Nitriet	$\mu\text{g/l-N}$	≤ 100	≤ 300
Koper	$\mu\text{g/l-Cu}$	≤ 30	≤ 30
Zink	$\mu\text{g/l-Zn}$	≤ 200	≤ 200

Algemene opmerkingen

Bij de vaststelling van de normen voor genoemde parameters is ervan uitgegaan dat deze en waarden van niet genoemde parameters niet zodanig zijn voor de functies van vissen, zoals groei, voortplanting en benutting, dat deze ongunstig worden beïnvloed.

- [1] Overschrijdingen van de norm als gevolg van de natuurlijke gesteldheid van de bodem en de invloed daarvan op het water worden niet beschouwd als overschrijding.

(AMvB D&M (Staatsblad 1983, 606))

(de onderzoeksfrequentie is niet overgenomen)

Bijlage III-5.2 Minimum kwaliteit (MTR) en Streefwaarden voor water

IJkpunten voor stoffen in watersystemen (MTR: korte termijn, Streefwaarde: lange termijn)

De getalswaarden voor de totale concentratie in water gelden voor een zwevend-stofconcentratie van 30 mg/l. De getalswaarden voor sediment gelden voor de standaard van 10% organische stof en 25% lutum. Voor standaard zwevend stof (20% organische stof en 40% lutum) liggen de getalswaarden voor metalen een factor 1,5 hoger en voor organische verbindingen een factor 2 hoger dan voor sediment. De streefwaarde en MTR voor metalen zijn inclusief de landelijke achtergrondconcentratie. De achtergrondconcentraties voor metalen in grondwater gelden voor het diepe grondwater (>10 m), voor de Noordzee gelden ze voor het midden.

METALEN	OPPERVLAKTEWATER (opgelost)			OPPERVLAKTEWATER (totaal)		SEDIMENT (droge stof)		GRONDWATER (opgelost)
	achtergrond concentratie Noordzee ug/l	landelijke streef- waarde ug/l	MTR ug/l	landelijke streef- waarde ug/l	MTR ug/l	landelijke streef- waarde mg/kg d.s.	MTR-sed mg/kg d.s.	landelijke streef- waarde ug/l
cadmium	0.03	0.08	0.4	0.4	2	0.8	12#	0.06
anorganisch kwik	0.003	0.01	0.2	0.07	1.2	0.3	10#	0.01
methyl-kwik	-	0.01	0.02	0.06	0.1	0.3	1.4	0.01
koper	0.3	0.5	1.5	1.1	3.8	36	73	1.3
nikkel	-	3.3	5.1	4.1	6.3	35	44	2.1
lood	0.02	0.3	11	5.3	220	85	530 #	1.7
zink	0.4	2.9	9.4	12	40	140	620	24
chromium	-	0.3	8.7	2.4	84	100	380 #	2.5
arsen	-	1	25	1.3	32	29	55 #	7.2
antimoon	-	0.4	6.5	0.4	7.2	3	15 #	0.15
barium	-	75	220	78	230	160	300	200
beryllium	-	0.02	0.2	0.02	0.2	1.1	1.2	0.05
cobalt	-	0.2	2.8	0.2	3.1	9	19	0.7
molybdeen	-	4.3	290	4.4	300	3	200 #	3.6
seleen	-	0.09	5.3	0.09	5.4	0.7	2.9	0.07
thallium	-	0.04	1.6	0.06	1.7	1	2.6	2
tin	-	0.2	18	2.2	220	-	-	2.2
vanadium	-	0.9	4.3	0.9	5.1	42	56	1.2
boor @	-	6.5	650	-	-	-	-	6.5
tellurium @	-	-	-	-	-	-	-	-
titanium @	-	-	-	-	-	-	-	-
uranium @	-	0.01	1	-	-	-	-	0.01
zilver @	-	0.0008	0.8	-	-	-	5.5	0.0008
zoute wateren	-	0.01	1.2	-	-	-	-	-

ORGANISCHE VERBINDINGEN	MTR opgelost	OPPERVLAKTEWATER		SEDIMENT		GRONDWATER (opgelost)
		streef- waarde totaal	MTR totaal	streef- waarde droge stof	MTR-sed droge stof	streef- waarde
PAK	ug/l	ug/l	ug/l	mg/kg d.s.	mg/kg d.s.	ug/l
naftaleen	1.2	0.01	1.2	0.001*	0.1*	0.01
anthraceen	0.07	0.0008	0.08	0.001*	0.1*	0.0007
fenantreen	0.3	0.003	0.3	0.005*	0.5*	0.003
fluorantheen	0.3	0.005	0.5	0.03*	3*	0.003
benz(a)anthraceen	0.01	0.0003	0.03	0.003*	0.4*	0.0001
chryseen	0.3	0.009	0.9	0.1*	11*	0.003
benzo(k)fluorantheen	0.04	0.002	0.2	0.02 *	2*	0.0004
benzo(a)pyreen	0.05	0.002	0.2	0.003 *	3*	0.0005
benzo(ghi)peryleen	0.03	0.005	0.5	0.08 *	8*	0.0003
indenopyreen	0.04	0.004	0.4	0.06 *	6*	0.0004
vluchtige halogeen koolwaterstoffen	ng/l	ng/l	ng/l	ug/kg d.s.	ug/kg d.s.	ng/l
pentachloorbenzeen	300	3	300	1	100	3
hexachloorbenzeen	9	0.09	9	0.05	5	0.09
chloorfenolen	ng/l	ng/l	ng/l	ug/kg d.s.	ug/kg d.s.	ng/l
pentachloorfenol	4000	40	4000	2	300	40
organochloorverbindingen	ng/l	ng/l	ng/l	ug/kg d.s.	ug/kg d.s.	ng/l
aldrin	0.9	0.01	1	0.06	6	0.009
dieldrin	12	0.4	39	0.5	450	0.1
endrin	4	0.04	4	0.04	4	0.04
DDT	0.4	0.009	0.9	0.09	9	0.004
DDD	0.4	0.005	0.5	0.02	2	0.004
DDE	0.4	0.004	0.4	0.01	1	0.004
a-endosulfan	20	0.2	20	0.01	1	0.2
a-HCH	3300	33	3300	3	290	33
b-HCH	800	9	860	9	920	8
j-HCH (lindaan)	910	9	920	0.05	230	9
heptachloor	0.5	0.005	0.5	0.7	68	0.005
heptachloorepoxide	0.5	0.005	0.5	0.0002	0.02	0.005
chloordaan	2	0.02	2	0.03	3	0.002
organofosforverbindingen	ng/l	ng/l	ng/l	ug/kg d.s.	ug/kg d.s.	ng/l
azinfos-ethyl	11	0.1	11	0.005	0.5	0.1
azinfos-methyl	12	0.1	12	0.009	0.9	0.1
chloorfenvinfos	2	0.02	2	0.0006	0.06	0.02
chloorpyrifos	3	0.03	3	0.01	1	0.03
cumafos	0.7	0.007	0.7	0.0006	0.06	0.007
demeton	140	1	140	-	-	1
diazinon	37	0.4	37	0.01	1	0.4
dichloorvos	0.7	0.007	0.7	0.00003	0.003	0.007
dimethoat	23000	230	23000	0.8	78	230
disulfoton	82	0.8	82	0.03	6	0.8
ethoprosfos	63	0.6	63	0.003	0.3	0.6
fenitrothion	9	0.09	9	0.007	0.7	0.09
fenthion	3	0.03	3	0.004	0.4	0.03
foxim	82(!)	0,8(!)	82(!)	0,08(!)	8(!)	0,8(!)
heptenofos	20	0.2	20	0.003	0.3	0.2
malathion	13	0.1	13	0.009	0.9	0.1
mevinfos	2	0.02	2	0.0006	0.06	0.02
oxydemeton-methyl	35(!)	0,4(!)	35(!)	0,0003(!)	0,03(!)	0,4(!)
parathion(-ethyl)	2	0.02	2	0.001	0.1	0.02
parathion-methyl	11	0.1	11	0.01	1	0.1

ORGANISCHE VERBINDINGEN	OPPERVLAKTEWATER			SEDIMENT		GRONDWATER (opgelost)
	MTR opgelost	streef- waarde totaal	MTR totaal	streef- waarde droge stof	MTR-sed droge stof	streef- waarde
pyrazofos	40	0.4	40	0.02	2	0.4
tolclofos-methyl	790(l)	8(l)	790(l)	1(l)	130(l)	8(l)
triazofos	32	0.3	32	0.007	0.7	0.3
trichloorfon	1	0.01	1	0.00002	0.002	0.01
organische tin- en silicium verbindingen	ng/l	ng/l	ng/l	ug/kg d.s.	ug/kg d.s.	ng/l
tetrabutyltin-verbindingen	1600(l)	16(l)	1600(l)	0,8(l)	78(l)	16(l)
zoute wateren:	17(l)	0,2(l)	17(l)	0,008(l)	0,8(l)	-
tributyltin-verbindingen	14	0.1	14	0.02	10	0.1
zoute wateren:	1	0.01	1	0.007	0.7	-
trifenyln-verbindingen	5	0.05	5	0.003	6	0.05
zoute wateren:	0.8	0.009	0.9	0.01	1	-
silicium-verbindingen	0.4	0.005	0.5	0.02	2	0.004
zuren (fenolherbiciden & chloorfenoxycarbonsuur-herbiciden)	ug/l	ug/l	ug/l	ug/kg d.s.	ug/kg d.s.	ug/l
bentazon	64(l)	0,6(l)	64(l)	1(l)	130(l)	0,6(l)
2,4-D	10	0.1	10	0.3	27	0.1
dichloorprop	40	0.4	40	32	3200	0.4
dinoseb	0.03	0.0003	0.03	0.003	0.3	0.0003
dinoterb	0.03	0.0003	0.03	0.1	11	0.0003
DNOC	21	0.2	21	0.7	280	0.2
MCPA	2	0.02	2	0.05	5	0.02
mecoprop	4	0.04	4	0.02	2	0.04
2,4,5-T	9(l)	0,09(l)	9(l)	0,5(l)	50(l)	0,09(l)
carbamaten & dithio-carbamaten	ng/l	ng/l	ng/l	ug/kg d.s.	ug/kg d.s.	ng/l
aldicarb	98	1	98	0.001	0.1	1
benomyl	150	2	150	0.006	0.6	2
carbaryl	230	2	230	0.03	3	2
carbendazim	110	1	110	0.03	3	1
carbofuran	910	9	910	0.02	2	9
maneb	als ETU	-	als ETU	-	-	-
metam-Natrium	35(l)	0,4(l)	35(l)	0,006(l)	0,6(l)	0,4(l)
methomyl	80	0.8	80	0.001	0.1	0.8
oxamyl	1800	18	1800	0.01	1	18
pirimicarb	90	0.9	90	0.02	2	0.9
propoxur	10	0.1	10	0.0001	0.01	0.1
thiram	32	0.3	32	0.008	0.8	0.3
tri-allaat	1900	19	1900	0.2	160	19
zineb	als ETU	-	als ETU	-	-	-
"triazinen, pyridazinen & triazolen"	ng/l	ng/l	ng/l	ug/kg d.s.	ug/kg d.s.	ng/l
anilazin	85	0.9	85	0.02	2	0.9
atrazin	2900	29	2900	0.2 (l)	26	29
chloridazon	73000	730	73000	3	350	730
cyanazin	190	2	190	0.01 (l)	2	2
desmetryn	34000(l)	340(l)	34000(l)	4(l)	370(l)	340(l)
metamitron	10000	100	10000	1	95	100
simazin	140(l)	1(l)	140(l)	0,009(l)	0,9(l)	1(l)
synthetische pyrethroiden	ng/l	ng/l	ng/l	ug/kg d.s.	ug/kg d.s.	ng/l
bifenthrin	1	0.01	1	0.05	5	0.01
cypermethrin	0.09	0.001	0.1	0.004	0.4	0.0009
deltamethrin	0.3	0.004	0.4	0.01	1	0.003
permethrin	0.2	0.003	0.3	0.009	0.9	0.002

ORGANISCHE VERBINDINGEN	MTR opgelost	OPPERVLAKTEWATER		SEDIMENT		GRONDWATER (opgelost)
		streef- waarde totaal	MTR totaal	streef- waarde droge stof	MTR-sed droge stof	streef- waarde
aniliden & dinitro-anilinen	ng/l	ng/l	ng/l	ug/kg d.s.	ug/kg d.s.	ng/l
metazachloor	34000(!)	340(!)	34000(!)	3	260	340(!)
metolachloor	200	2	200	0.03	3	2
propachloor	1300	13	1300	0.06	6	13
quintozeen	2900	31	3100	-	-	29
trifluralin	37(!)	0,4(!)	38(!)	0,1(!)	19(!)	0,4(!)
fenylureum-herbiciden (aromatische chloor-aminen)	ng/l	ng/l	ng/l	ug/kg d.s.	ug/kg d.s.	ng/l
diuron	430	4	430	0.08(!)	9	4
isoproturon	320	3	320	0.05	5	3
linuron	250	3	250	0.09	9	3
metabenzthiazuron	1800	18	1800	0.7	67	18
metobromuron	10000	100	10000	1	110	100
carboximiden	ng/l	ng/l	ng/l	mg/kg d.s.	mg/kg d.s.	ng/l
captafol	28(!)	0,3(!)	28(!)	0,03(!)	3(!)	0,3(!)
captan	110	1	110	0.01	1	1
overige stoffen (waarden uit ENW)	ng/l	ng/l	ng/l	mg/kg d.s.	mg/kg d.s.	ng/l
NTA	-	-	200	-	-	0.2
minerale olie	-	-	-	50	1000	50
PCB's	ug/l	ug/l	ug/l	ug/kg d.s.	ug/kg d.s.	ug/l
PCB-28	-	-	-	1	4	-
PCB-52	-	-	-	1	4	-
PCB-101	-	-	-	4	4	-
PCB-118	-	-	-	4	4	-
PCB-138	-	-	-	4	4	-
PCB-153	-	-	-	4	4	-
PCB-180	-	-	-	4	4	-
screeningsparameters	ug/l	ug/l	ug/l	mg/kg d.s.	mg/kg d.s.	ug/l
EOX	-	-	-	0.3	-	-
VOX	-	-	5	-	-	-
ETU	-	-	0.005	-	-	-
cholinesterase remming	-	-	0.5	-	-	-

NUTRIENTEN & EUTROFIERINGSPARAMETERS	OPPERVLAKTEWATER			SEDIMENT		GRONDWATER	
	achtergrond concentratie Noordzee	landelijke streefwaarde	MTR	landelijke streefwaarde	MTR - sed	landelijke streefwaarde	MTR
tot-fosfaat (mg P/l)	0,02 (w)	0,05 (z)	0,15 (z)	-	-	0.4/3(z/kv)	-
tot-stikstof (mg N/l)	0,15 (w)	1 (z)	2,2 (z)	-	-	-	-
nitraat (mg N/l)	-	-	-	-	-	5.6	11.3
ammoniak (mg N/l)	-	-	0.02	-	-	-	-
ammoniumverbindingen	-	-	-	-	-	2.0/10 (z/kv)	-
chlorofyl-a (ug/l)	-	-	100 (z)	-	-	-	-
ZOUTEN							
chloride (mg Cl/l)	-	-	200	-	-	100**	-
fluoride (mg F/l)	-	-	1.5	500 (mg/kg)***	-	0.5 **	-
bromide (mg Br/l)	-	-	8	20 (mg/kg)	-	0.3 **	-
sulfaat (mg SO4/l)	-	-	100	-	-	150 **	-
tot-sulfiden (ug S/l)	-	-	-	2 (mg/kg)	-	10	-

RADIOACTIEVE STOFFEN	OPPERVLAKTEWATER			ZWEVENDE STOF		
	achtergrond concentratie Noordzee	streefwaarde	MTR	achtergrond concentratie Noordzee	streefwaarde	MTR
(1Bq = 27 pCi)	<u>mBq/l</u>	<u>mBq/l</u>	<u>mBq/l</u>	<u>Bq/kg</u>	<u>Bq/kg</u>	<u>Bq/kg</u>
totale a-activiteit (j)	500	100	-	-	-	-
rest b-activiteit (j)	300	200	-	-	-	-
tritium-activiteit (j)	10000	10000	-	-	-	-
radium-226	5	5	-	-	-	-
strontium-90	15	10	-	-	-	-
cesium-137	20	-	-	-	40	-
lood-210	-	-	-	100	100	-
polonium-210	-	-	-	100	100	-
cobalt-58	-	-	-	10	10	-
cobalt-60	-	-	-	10	10	-
jodium-131	-	-	-	-	20	-
overige j-stralers	-	-	-	< 2	2	-
ALGEMENE PARAMETERS	achtergrond concentratie Noordzee	landelijke streefwaarde	MTR	achtergrond concentratie Noordzee	streefwaarde	MTR
kleur, geur, schuim, vast afval, troebelings		niet zichtbaar of ruikbaar verontreinigd				
temperatuur (C)	-	-	25			
zuurstof (mg/l)	-	-	5			
zuurgraad (pH)	-	-	6.5 - 9			
doorzicht (z, meter)	-	-	0.4			
BACTERIOLOGISCHE PARAMETERS						
thermotolerante coli's (80 perc. , MPN/ml)	-	-	20			
enterovirussen / fagen	-	-	afwezig in 10 l			

Legenda

: getalswaarde = interventiewaarde

! : extra onzekerheidsfactor 10 i.v.m. weinig data (EPA/1000)

- geen getalswaarde vastgesteld

* geen bodemtypecorrectie voor zandige sedimenten (org.stof < 10 %)

** : herbeoordeling toelatingsdossier door CTB in 97/98

*** bodemtypecorrectie: $F = 175 + 13 L$ ($L = \% \text{ lutum}$)

@ de afleiding van deze MTR's wijkt af van de standaardprocedure voor metalen, omdat onvoldoende data beschikbaar zijn voor het vaststellen van een landelijke achtergrond- concentratie, maar zijn voorlopig opgenomen n.a.v. een zaak bij het Europese Hof over de uitvoering van de Richtlijn 76/464/EEG. Bij deze milieukwaliteitsnormen dient de lokale achtergrondconcentratie te worden opgeteld.

w : wintergemiddelde waarden

z : zomergemiddelde waarde voor eutrofieringsgevoelige, stagnante wateren

z/kv eerstgenoemde waarde geldt voor zandgebieden, de tweede waarde geldt voor klei- en veengebieden

II.5.3 Richtlijn natuurwater

WATERKWALITEITSKLASSE			SPECIFIEKE EISEN (INDICATIEF)					
VOEDSELRIJKDOM	BASENRIJKDOM	SALINITEIT	PH	CL ⁻ MG/L	TOT. P MG/L	NO ₃ MG/L	H ₂ CO ₃ MG/L	SO ₄ MG/L
VOEDSELARM	ZUUR	ZOET	4.5-6.0	< 40	≤ 0.04	≤ 0.4	< 20	< 30
VOEDSELARM	BASENRIJK	ZOET	5.5-8.5	< 40	≤ 0.06	≤ 0.6	20-120	< 100
MATIG VOEDSELRIJK	BASENRIJK	ZOET	5.5-8.5	< 60	≤ 0.12	≤ 0.6	50-250	< 100
MATIG VOEDSELRIJK	BASENRIJK	BRAK	7.5-10.5	> 1000	≤ 0.50	≤ 1.2	> 250	> 100
ZEER VOEDSELRIJK	BASENRIJK	ZOET/BRAK	7.5-10.5	> 60	> 0.12	≤ 1.2	> 50	> 30
EFFLUENT			0-7.6	50-350	0-1	22-35		30-200

Bijlage III.6 Controle- en ontwerpparameters voor huishoudwatersystemen

Tabel a: gezondheidkundige parameters	CP ¹	OP ¹	Voorgestelde waarde	Grondslag
1 Arseen	-	+	5 µg/l	vgz/mil ¹
2 Cadmium	-	+	0.05 µg/l	vgz/mil
3 Cyaniden (totaal)	-	+	50 µg/l	vgz/mil
4 Chroom (totaal)	-	+	5 µg/l	vgz/mil
5 Kwik	-	+	0.02 µg/l	vgz/mil
6 Nikkel	-	+	9 µg/l	vgz/mil
7 Lood	-	+	4 µg/l	vgz/mil
8 Antimoon	-	+	5 µg/l	vgz/mil
9 Seleen	-	+	10 µg/l	vgz/mil
10 Thermotolerante bacteriën coligroep	+	+	volgen ²	vgz
11 Faecale streptococci	+	+	volgen ²	vgz
12 Pesticiden individueel	-	+		eth
13 Pesticiden som	-	+	≤ 5 µg/l	eth
14 PAK's	-	+	0.2 µg/l	eth
15 PCB's	-	+	0.5 µg/l	eth
16 Benzeen	+	+	1 µg/l	vgz
17 Nitriet	-	-		
18 Nitraat	-	-		
19 Barium	-	-		
20 Zilver	-	-		
21 Koper	-	+	2 mg/l	mil
22 Boor	-	-		
23 Virussen	-	+		vgz
24 Giardia	-	+		vgz
25 Cryptosporidium	-	+		vgz
26 Broomaat	+	+	25 µg/l	vgz
27 Bromoform	-	-		
28 Broomdichloormethaan	+	+	60 µg/l	vgz
29 Chlooraat	-	-		
30 Chloriet	-	-		
31 Chlooralhydraat	-	-		
32 Chloor	+	+	volgen ²	mil/est
33 Chlooramine	+	+	volgen ²	mil/est
34 Chloordibroommethaan	-	-		
35 Chloordioxide	+	+	volgen ²	mil/est
36 Chloroform	-	-		
37 Cyanogeenchloride	-	-		
38 Dibroomacetonitril	-	-		
39 Dichlooracetonitril	-	-		
40 Formaldehyde	-	-		
41 Ozon	+	+	< detectie	vgz/est/bst
42 Trichlooracetonitril	-	-		
43 Trichloorazijnzuur	-	-		
44 Waterstofperoxide	+	+	< detectie	vgz/est
45 Radioactiviteit beta	-	+	1 Bq/l	vgz

Tabel b: bedrijfstechnische parameters	CP ¹	OP ¹	Voorgestelde waarde	Grondslag
46 Bacteriën van de coligroep	+	+	volgen ²	bst/est
47 Sporen van sulfietreducerende clostrida	+	+	volgen ²	bst/est
48 Hardheid	+	-	≤ 1 mmol	bst
49 Bicarbonaat	-	-		
50 Temperatuur	-	-		
51 Zuurgraad	+	-	7-9.5	bst
52 Ammonium	-	+	0.5 mg/l	bst
53 EGV	+	-	125 mS/m	bst
54 Chloride	+	-	150 mg/l	bst
55 Zuurstof	+	-	> 2 mg/l	bst/est
56 Koloniegetal 22 °C	+	-	volgen ²	bst/est
57 SI	+	-	-0.2<SI<0.3	bst
58 DOC	-	+		bst/est
59 Aeromonas	-	-		
60 Bacteriofagen	-	-		
Tabel c: organoleptische/esthetische parameters				
61 Kleur	+	+	20 mg/l	bst/est
62 Troebeling	+	+	4 FTE	bst/est
63 Geur	+	+	afwezig	est
64 Smaak	-	-		
65 Sulfaat	-	-		
66 Natrium	-	-		
67 Aluminium	-	-		
68 IJzer	+	+	0.2 mg/l	bst/est
69 Mangaan	+	+	0.05 mg/l	bst/est
70 Magnesium	-	-		
71 Oppervlakteactieve stoffen	-	-		
Tabel d: voorzorgsparameters				
72 Fluoride	-	-		
73 Kalium	-	-		
74 Fosfaat	-	-		
75 Zink	-	-		
76 AOX	-	-		
77 NTA	-	-		
78 EDTA	-	-		
79 Monocyclische	-	+	1 µg/l	eth
80 Aromatische aminen	-	+	1 µg/l	eth
81 Gechloreerde fenolen	-	+	0.1 µg/l	eth
82 Gehalogeneerde monocyclische	-	+	1 µg/l	eth
83 Gehalogeneerde alifatische	-	+	1 µg/l	eth

¹ CP = controleparameter ; OP= ontwerpparameter ; vgz = volksgezondheid; mil milieu;

bst = bedrijfstechnisch; est = esthetisch; eth = ethisch

² Volgen betekent monitoren op reguliere basis. Veranderingen in concentraties indicatorparameters dienen te worden gevolgd door een intensievere monitoring en zonodig extra onderzoek. Risico's met betrekking tot pathogenen worden tijdens de ontwerpfase en zonodig periodiek bepaald aan de hand van bronkwaliteit en de zuivering.

Bijlage IV Overzicht drinkwaterkosten

BIJLAGE IV Overzicht drinkwaterkosten

TOTAAL OVERZICHT: huishoudelijk en bemeterd (2000)

Waterleidingbedrijf (incl. verzorgingsgebieden)		Vastrecht in guldens/jaar excl. BTW	Bedrag in guldens/m ³ incl. grondwaterbelasting excl. BTW en waterbelasting
Groningen	WBGron.	51,60	t/m 30 m ³ 0,00 v.a. 31 m ³ 1,72
Groningen, gemeente		82,20	t/m 26 m ³ 0,00 v.a. 27 m ³ 3,09
Friesland	NUON	60,50	2,355
Drenthe	WMD	61,60	1,81
Overijssel	WMO	30,60	2,505
Gelderland	WBGeld	35,83	2,55
Gelderland	NUON	62,52	1,855
Doorn		150,--	2,17
Midden Nederland	WMN	32,52	1,99
Flevoland	FDM	0,--	2,51
Amstelveen	Amstelland	0,--	2,82
Ouder-Amstel		138,36	2,17
Amsterdam	GWA	87,--	2,81
Heemstede	WVH	69,--	2,55
Noord-Holland	PWN	87,72	2,91
Haarlem, Bloemendaal, Zandvoort, Velsen		96,--	3,46
's-Gravenhage	DZH	122,00	3,14
Voorburg		99,60	3,14
Leiden		122,00	3,14
Rijnwoude (kern Benthuisen)		99,20	3,14
Warmond		105,80	3,14

Waterleidingbedrijf (incl. verzorgingsgebieden)	Vastrecht in guldens/jaar excl. BTW	Bedrag in guldens/m ³ incl. grondwaterbelasting excl. BTW en waterbelasting
Zuid-Holland-Oost WZHO Alphen a/d Rijn, Zwammerdam, Aarlanderveen	96,80	2,93 3,08
Rotterdam WBE Hoeksche Waard Dordrecht Westland Schiedam Vlaardingen/Maassluis Delft	137,04 126,12 137,04 107,64 137,04 137,04 106,80	1,91 1,91 1,91 1,845 1,91 1,91 2,26
Zeeland DELTA Putte, Ossendrecht, Woensdrecht, enz. Goeree -Overflakkee	88,56 93,00 88,56	2,16 1,77 2,16
Noord-West-Brabant WNWB	93,00	1,84
Oost-Brabant WOB Helmond en Mierlo	66,00	2,13 2,28
Tilburg TWM Gorinchem	60,60 60,60	2,015 1,965
Limburg WML	35,04	2,805
Maastricht NbM	42,00	2,83

