Een nieuwe visie op het rendement van bergbezinktanks

Samenvatting
In de nabije toekomst zal in Nederland in toenemende mate aandacht worden geschonken aan het verminderen van de vuiluitworp uit gemengde rioolstelsels. Bergbezinktanks zijn hiervoor een aantrekkelijke oplossing. In Nederland is uitgebreid onderzoek gedaan naar een rechthoekige (Amersfoort) en een ronde bergbezinktank (Kerkrade). De reductie van de vuiluitworp kan worden uitgedrukt in een totaalrendement. In dit artikel wordt uiteengezet hoe het totaalrendement moet worden berekend in vergelijkingsstudies van stelsels met en zonder bergbezinktank.
Het totaalrendement kan worden gesplitst in een bergingsrendement en een bezinkingsrendement. Het bezinkingsrendement kan op twee manieren worden gedefinieerd, hier genoemd het actuele en het virtuele bezinkingsrendement. Voor vuiluitworpbeschouwingen moet het actuele bezinkingsrendement worden gebruikt.
De eerder gepresenteerde rendementen voor het onderzoek in Amersfoort zijn herzien. Dit resulteert in een aanpassing van de rendementscijfers. Het totaalrendement is 80%, terwijl het aandeel van de bezinking hierin slechts 19% is. Ruwweg wordt de reductie van de vuiluitworp voor driekwart veroorzaakt door de berging en voor een kwart door de bezinking. De in Nederland levende opvatting dat het (actuele) bezinkingsrendement 50% is, wordt in dit artikel weerlegd.

Inleiding

In de voor ons liggende jaren zal in toenemende mate aandacht worden geschonken aan het terugdringen van de vuiluitworp uit gemengde rioolstelsels. Het bouwen van randvoorzieningen is een mogelijke oplossing om deze reductie te bewerkstelligen. Van de verschillende typen randvoorzieningen is in het kader van de NWRW onderzoek verricht aan twee bergbezinktanks in Amersfoort en Kerkrade [4, 5], een werveloverstortput in Goes [6] en een verbeterde overstortput in IJsselmonde [7].



IR. R. G. VELDKAMP
Vakgroep
Gezondheidstechniek &
Waterbeheersing
Technische Universiteit Delft

De mate waarin de vuiluitworp door een randvoorziening wordt gereduceerd kan worden uitgedrukt als een procentueel rendement. Dergelijke rendementsgetallen zijn meermalen vermeld in de NWRW-rapporten van de eerder genoemde onderzoeken. Van de in aanmerking komende randvoorzieningen lijkt een bergbezinktank de meest aantrekkelijke, omdat hiermee een behoorlijke reductie van de vuiluitworp is te behalen. Het voorschrijven van open of gesloten bergbezinktanks gaat in de toekomst een onderdeel vormen van de nieuwe richtlijnen op rioleringsgebied [1, 2].
In het algemene streven om de resultaten van het NWRW-onderzoek operationeel te maken is door de TU Delft een kritische studie gedaan naar de wijze waarop de rendementen zijn berekend. Deze kritische beschouwing heeft geleid tot een herziene visie op de rendementsberekening. In dit artikel wordt deze nieuwe visie uiteengezet, met onder meer als doel om de in de rioleringswereld levende misvatting dat het bezinkingsrendement van een bergbezinktank rond de 50% ligt recht te zetten. Uit het vervolg zal blijken dat het totaalrendement van een bergbezinktank hoger ligt dan aanvankelijk werd verondersteld en dat het aandeel hierin door de bezinking aanzienlijk lager uitvalt.

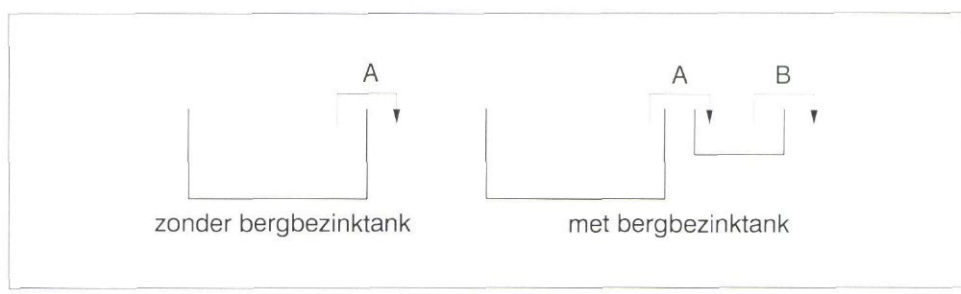
Het totaalrendement

Het totaalrendement van een bergbezinktank wordt bepaald door de reductie van de vuiluitworp naar het oppervlaktewater. Om een indruk te krijgen van dit rendement moet de vuiluitworp van een bepaald rioolstelsel worden vergeleken met de vuiluitworp van hetzelfde rioolstelsel met daarachter een bergbezinktank. Beide stelsels zijn schematisch weergegeven in afb. 1.

Hierbij is de onderdrempelberging van het stelsel schematisch weergegeven als een bak. Tijdens hevige neerslag stijgt het waterniveau in de bak. Wanneer de bui lang genoeg aanhoudt zal rioolwater via de overstortrand het stelsel verlaten. De in deze hoeveelheid overstortend water begrepen jaarlijkse vuilvracht wordt voorgesteld door het symbool A. Op dezelfde wijze wordt in het stelsel met een bergbezinktank de vuilvracht die de tank verlaat voorgesteld door het symbool B, waarbij altijd zal gelden dat $B \leq A$. Het totaalrendement van de bergbezinktank is dan

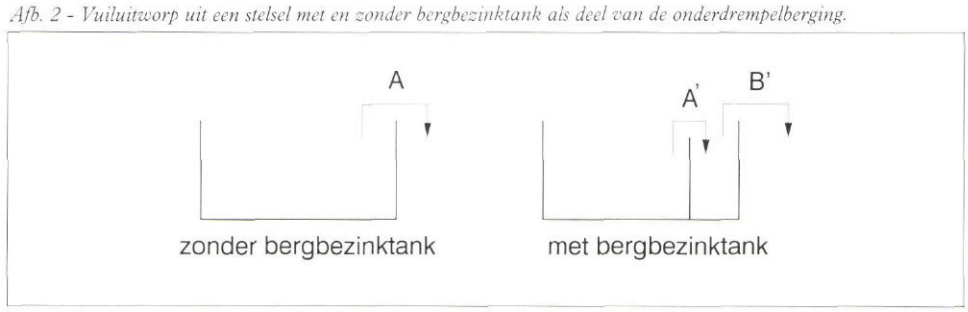
$$R_t = \frac{A-B}{A} \cdot 100\% \qquad (1)$$

Wanneer men de nuttige bijdrage van een bergbezinktank aan de reductie van de vuiluitworp wil beoordelen dan is bovenstaande benadering de juiste.
Soms vindt men in de literatuur [3, 8] een andere benadering ter bepaling van het totaalrendement van een bergbezinktank. Hierbij wordt als uitgangspunt genomen een gelijk blijvende berging, waarbij een gedeelte van de onderdrempelberging wordt vervangen door een bergbezinktank. Dit is schematisch weergegeven in afb. 2.



Afb. 1 - Vuiluitworp uit een stelsel met en zonder externe bergbezinktank.

Afb. 2 - Vuiluitworp uit een stelsel met en zonder bergbezinktank als deel van de onderdrempelberging.



Deze benadering is principieel onjuist, immers de onderdrempelberging in het stelsel met een bergbezinktank is kleiner geworden. Dit kan alleen worden bereikt door kleinere buisdiameters toe te passen. Een dergelijke ingreep heeft invloed op de stroomsnelheden en dus ook op het bezinkings- en opwoelingsgedrag van het rioolslib. Beide stelsels zijn niet langer identiek en een dergelijke ingreep heeft invloed op de vuilemissie uit het stelsel. Deze zal veranderen zodat A' ≠ A.
Als men de tweede benadering naast de eerste legt en constateert dat de toegevoerde vuilvracht naar de bergbezinktank verschillend is, dan zal het duidelijk zijn dat ook de vuiluitworp naar het ontvangende water verschilt: B' ≠ B. Het verschil (A–B) is niet volledig toe te schrijven aan de aanwezigheid van een bergbezinktank, maar wordt deels veroorzaakt door veranderingen in het stelsel zelf. Een goede vergelijkingsmaatstaf ontbreekt en het totaalrendement van de bergbezinktank kan niet met de eerder gegeven formule worden berekend. Hieruit volgt:

$$R_t \neq \frac{A-B'}{A} \cdot 100\% \qquad (2)$$

Het bergings- en bezinkingsrendement
De reductie van de vuiluitworp door het plaatsen van een bergbezinktank is het resultaat van twee processen die zich gelijktijdig in de tank afspelen. Enerzijds wordt een zeker volume water geborgen in de tank. Dit bergingsaspect is altijd aanwezig, ongeacht de grootte van de regenbui. Voor een aantal kortdurende buien zal rioolwater de tank instromen zonder dat een externe overstorting plaatsvindt. Voor deze buien wordt de reductie van de vuiluitworp in zijn geheel verkregen door berging. Voor die regenbuien waarbij wel een overstorting plaatsvindt, speelt naast de berging ook de bezinking van slibdeeltjes een rol.
De reductie van de vuiluitworp is nu het gevolg van berging en bezinking samen. Het is interessant om na te gaan in welke mate beide processen bijdragen aan de uitworpreductie. Daartoe wordt het eerder gedefinieerde totaalrendement (vgl. 1) gesplitst in een bergingsrendement en een bezinkingsrendement volgens onderstaande definities:

$$R_g = \frac{V_g}{V_i} \cdot 100\% \qquad (3)$$

$$R_b = \frac{V_b}{V_i} \cdot 100\% \qquad (4)$$

$$R_t = R_g + R_b = \frac{V_g + V_b}{V_i} = \frac{V_i - V_o}{V_i} \cdot 100\% \qquad (5)$$

waarin:
R_g = bergingsrendement (geborgen)
R_b = bezinkingsrendement (bezonken)
V_i = ingestroomde vuilvracht
V_g = geborgen vuilvracht
V_b = bezonken vuilvracht
V_o = (extern) overgestorte vuilvracht

Een speciaal geval is die situatie waarin zich geen externe overstorting voordoet. In dit geval is

$$V_o = 0,\ R_b = 0,\ R_t = R_g \qquad (6)$$

Een valkuil
In het kader van de NWRW is onderzoek gedaan naar de werking van bergbezinktanks in Amersfoort en Kerkrade [4, 5]. In de rapporten is een definitie voor het bezinkingsrendement gegeven die afwijkt van de hiervoor gegeven definitie en die bovendien weinig praktische waarde heeft. Men heeft in de NWRW-rapporten een analogie gezocht met een continu doorstroomde bezinkingstank zoals in de afvalwaterzuivering wordt toegepast.
Het bezinkingsrendement voor een discontinu werkende bergbezinktank is met dezelfde formule berekend als voor een continu doorstroomde tank.
Deze benadering is onjuist en geeft aanleiding tot veel verwarring. Omdat de analogie niet direct uit de NWRW-rapporten is af te lezen, wordt deze onder verwijzing naar afb. 3 uitgelegd.

In afb. 3a en 3b zijn naast elkaar getekend twee continu doorstroomde tanks met en zonder bezinking. In afb. 3a geldt:

$$V_{o1} = V_i$$

In afb. 3b geldt:

$$V_{o2} = V_i - V_b$$

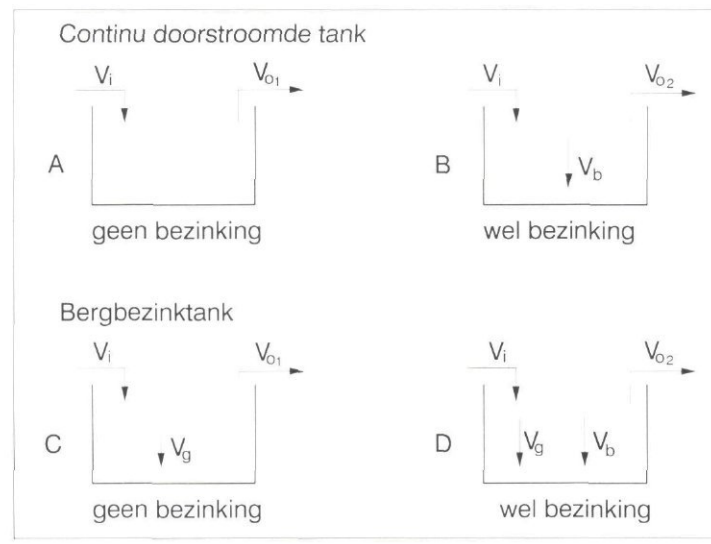
Het rendement, in dit geval het zuivere bezinkingsrendement, wordt berekend als:

$$R_b = \frac{V_{o1} - V_{o2}}{V_{o1}} = \left[1 - \frac{V_{o2}}{V_{o1}}\right] \cdot 100\% \qquad (7)$$

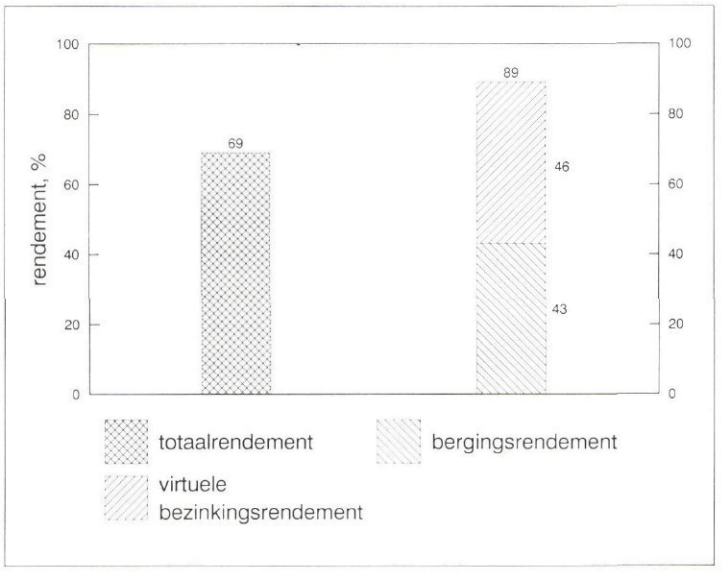
In een bergbezinktank speelt de berging een rol, in de afb. 3c en 3d voorgesteld door een verticale pijl V_g. Voor het overige is de schematisatie hetzelfde gebleven. Het bezinkingsrendement, op analoge wijze berekend, is:

$$R_b = \frac{V_{o1} - V_{o2}}{V_{o1}} = \frac{V_b}{V_i - V_g} \cdot 100\% \qquad (8)$$

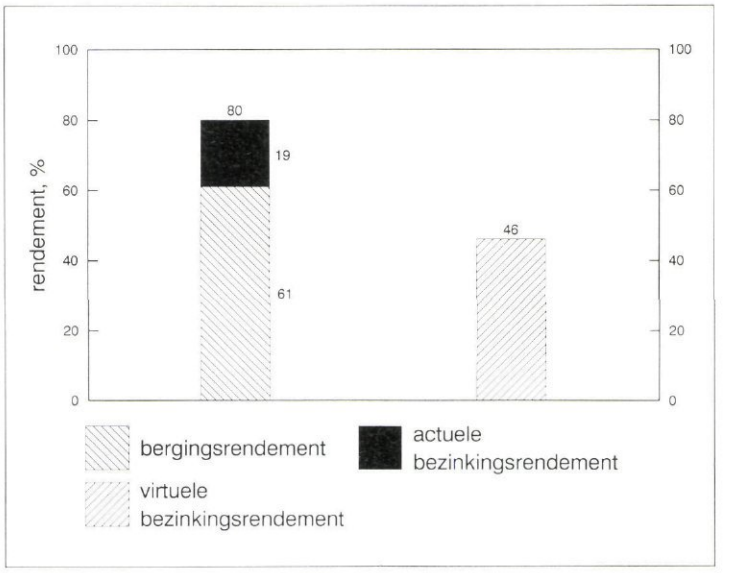
De hier gegeven definitie is die welke in de NWRW-rapporten wordt gebezigd. Met deze definitie van het bezinkingsrendement is er een valkuil geschapen, omdat er nu twee verschillende definities voor eenzelfde rendement bestaan. Voor de rioleringswereld is het niet duidelijk welk rendement moet worden gebruikt in beschouwingen over de vuiluitworp. Zoals hieronder zal worden toegelicht blijkt de in de NWRW-rapporten gegeven definitie niet de juiste te zijn. Daartoe worden de gegevens van het onderzoek in Amersfoort gebruikt. Om in het vervolg van dit artikel beide begrippen goed te onderscheiden wordt voortaan gesproken over het *actuele bezinkingsrendement* R_{ab} (vgl. 4) en het *virtuele bezinkingsrendement* R_{vb} (vgl. 8).
In de rest van dit artikel worden rendementscijfers genoemd voor slechts één van de gemeten parameters, in dit geval het CZV (Chemisch zuurstofverbruik).
Het is opvallend dat optelling van het bergings- en bezinkingsrendement uit het NWRW-rapport een getal geeft dat hoger is dan het totaalrendement, iets wat volgens de eerder gegeven definities niet mogelijk is. In de NWRW-rapporten echter wordt het virtuele in plaats van het actuele bezinkingsrendement genomen (zie afb. 4).



Afb. 3 - De vuilbalans in een continu doorstroomde bezinkingstank tegenover een bergbezinktank.



Afb. 4 - De rendementen voor het CZV in Amersfoort volgens NWRW-rapport 8.1.



Afb. 5 - De rendementen voor het CZV in Amersfoort volgens de nieuwe benaming.

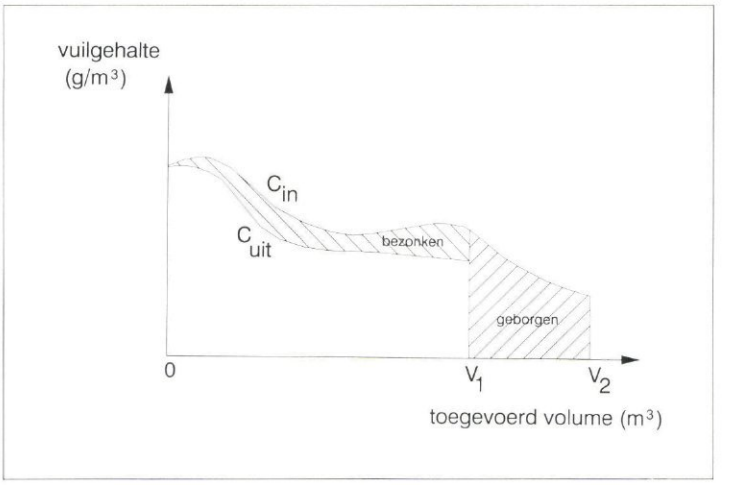
Een optelling van het bergingsrendement en het virtuele bezinkingsrendement levert altijd een percentage op dat groter is dan het totaalrendement. Dit is langs wiskundige weg afgeleid in vgl. 9.

$$R_g + R_{vb} = \frac{V_g}{V_o} + \frac{V_b}{V_o - V_g} > \frac{V_g}{V_o} + \frac{V_b}{V_o} = R_t \qquad (9)$$

Wanneer men een bergbezinktank zuiver als bezinktank wil beoordelen, dan gebruikt men desgewenst het virtuele bezinkingsrendement. Maar een bergbezinktank is geen zuivere bezinkingstank, zodat het gebruik van dit rendement voor beschouwingen over de vuiluitworp misleidend kan zijn.
Voor de rioleringswereld is het in de eerste plaats van belang dat men een indruk krijgt van het effect van een bergbezinktank op de reductie van de vuiluitworp. Het totaalrendement geeft deze informatie. Als men daarnaast ook is geïnteresseerd in de bijdrage van de bezinking aan het totaalrendement, dan geeft het actuele bezinkingsrendement de juiste informatie. Voor het onderzoek aan de bergbezinktank in Amersfoort krijgt men, op basis van de CZV-metingen, dan het volgende beeld:

$V_o = 1.648$ kg
$V_{ab} = 1.394$ kg
$V_g = 2.271$ kg
$V_i = 5.313$ kg
$V_{verw} = V_i - V_o = V_{ab} + V_g = 3.665$ kg
$V_{ab} = 0{,}38 \times V_{verw}$
$V_g = 0{,}62 \times V_{verw}$

De hieruit berekende rendementen zijn te vinden in afb. 5. Het in het NWRW-rapport vermelde (virtuele) bezinkingsrendement voor Amersfoort is weliswaar 46%, maar de bijdrage aan de vuiluitworpreductie door het bezinkeffect is veel lager, namelijk 26%! Het bergingsrendement blijft uiteraard 43%.



Afb. 6 - Concentratieverloop in toevoer en afvoer tijdens neerslag.

Evaluatie van de gegevens uit Amersfoort

In Amersfoort is gedurende 3,3 jaar onderzoek gedaan naar de werking van een rechthoekige bergbezinktank met een lengte van 32 m, een breedte van 8 m en een diepte van 2,5 m (640 m³). Tijdens deze periode zijn er 63 regenbuien geweest waarbij het volume van de bergbezinktank is aangesproken. Van deze 63 buien hebben 27 buien geleid tot een externe overstorting. Voor de overige 36 buien is de tank slechts gedeeltelijk gevuld geweest.

Voor een aantal buien waarbij emissie naar het oppervlaktewater is opgetreden, is de concentratie van een set vervuilingsparameters gemeten in het instromende en het overstortende rioolwater.
Het verloop van de concentratie kan in een grafiek tegen de tijd worden uitgezet. Een dergelijke grafiek toont twee lijnen voor het concentratieverloop van het aangevoerde respectievelijk het overgestorte water. De lijn voor het overgestorte water zal op een later tijdstip beginnen, namelijk op het moment dat de tank volledig is gevuld. In het NWRW-rapport heeft men gekozen voor een iets andere presentatie, waarbij de concentraties tegen het aangevoerde volume zijn uitgezet en waarbij het concentratieverloop van het overgestorte water is verschoven naar het begintijdstip van vulling van de bergbezinktank (zie afb. 6).

Gedurende de regenbui is in totaal V_2 m³ afvalwater de tank ingestroomd, waarvan een deel V_1 m³ is overgestort. Het verschil $(V_2 - V_1)$ is de inhoud van de tank.
De laatste ingestroomde hoeveelheid $(V_2 - V_1)$ stort niet over maar wordt in de tank geborgen. Het gearceerde oppervlak tussen V_1 en V_2 geeft de geborgen vuilvracht weer. In dezelfde afbeelding is de

concentratie van het overgestorte water uitgezet. Het verschil tussen beide lijnen is de bezonken vuilvracht. Het bergingsrendement is:

$$R_g = \frac{V_g}{V_i} \cdot 100\% = \frac{\int_{V_1}^{V_2} c_{in} dV}{\int_{0}^{V_2} c_{in} dV} \cdot 100\% \qquad (10)$$

Het actuele bezinkingsrendement is:

$$R_{ab} = \frac{V_b}{V_i} \cdot 100\% = \frac{\int_{0}^{V_1} (c_{in} - c_{uit}) dV}{\int_{0}^{V_2} c_{in} dV} \cdot 100\% \qquad (10)$$

De rendementscijfers zoals ze zijn gepresenteerd in het NWRW-rapport, zijn berekend voor slechts een gedeelte van de buien die hebben geleid tot een emissie op het oppervlaktewater. Alleen die buien die volledig zijn bemonsterd en waarvoor de monsters volledig zijn geanalyseerd zijn indertijd in de berekening opgenomen. Om het effect van het wel of niet meenemen van alle regengebeurtenissen op het rendement zichtbaar te maken, is in afb. 7 een schematisch overzicht gegeven van alle 63 gebeurtenissen. Hieruit is af te lezen dat de berekeningen (voor CZV) indertijd zijn gebaseerd op 16 van de 63 geregistreerde neerslaggebeurtenissen. Het niet meenemen van alle buien betekent het weglaten van essentiële informatie.

De herziene rendementen

De in afb. 5 gepresenteerde rendementen verdienen nog een verdere correctie, omdat een gedeelte van de vuilreducerende werking van de tank niet in het onderzoek is betrokken. In het rapport staat letterlijk: 'Monsters van gebeurtenissen, waarbij geen lozing op het oppervlaktewater is opgetreden, zijn niet in dit onderzoek opgenomen'.
Dit houdt in dat de 36 neerslaggebeurtenissen waarbij de bergbezinktank louter functioneerde als bergtank niet in beschouwing zijn genomen, evenals de 11 gebeurtenissen met emissie die niet volledig zijn bemonsterd c.q. geanalyseerd (zie afb. 7).
Het specifieke van een bergbezinktank is nu juist dat hij niet onder alle omstandigheden fungeert als bergbezinktank maar voor een aantal kleinere buien alleen als bergtank. Zolang er geen overstorting uit de tank is opgetreden is er geen verschil tussen een bergtank en een bergbezinktank. Wanneer men deze kleine buien ook in de berekening betrekt, zal dit op twee manieren in de rendementen tot uitdrukking komen:
- door het meenemen van de kleine buien zal het totaalrendement hoger worden;
- omdat de vuiluitworpreductie van kleine buien volledig het gevolg is van berging zal het bergingsrendement relatief stijgen ten opzichte van het actuele bezinkingsrendement.

Een exacte berekening van de herziene rendementen is niet te geven, maar voor Amersfoort is een vrij nauwkeurige schatting mogelijk, omdat van alle bemonsterde buien in ieder geval het aantal monsters bekend is, echter geen analyseresultaten. Uit het aantal monsters is voor iedere bui bij benadering de ingestroomde en overgestorte hoeveelheid water te berekenen. De tankinhoud tussen 2 bemonsteringspeilen is exact 70 m³. Per gebeurtenis is het in- of uitgestroomde volume te berekenen als (aantal monsters) x 70 + A m³. De term A staat voor een onbekende hoeveelheid rioolwater < 70 m³, zijnde de hoeveelheid tussen twee opeenvolgende bemonsteringspeilen. De grootte van deze term wordt berekend uit de in het rapport vermelde totalen voor het in- en uitgestroomde volume.
Voor de gehele onderzoekperiode zijn 324 monsters van het instromende rioolwater getrokken en is in totaal 23.587 m³ ingestroomd. Er zijn 175 monsters uit een totale hoeveelheid van 13.272 m³ overstortend water getrokken. Dit komt neer op een gemiddelde van 74 m³ per monster (A = 4 m³).
Voor de CZV-gehaltes wordt het gemiddelde van de 16 geanalyseerde buien aangehouden, 225,2 g/m³ respectievelijk 124,2 g/m³ voor het ingestroomde en overgestorte water.
Van de 6 buien met emissie die niet zijn geanalyseerd op het CZV zijn 81 interne en 29 externe monsters getrokken. Hieruit zijn de vrachten als volgt berekend:

V_i	= 81 x 74 x 0,2252	= 1.350 kg CZV
V_o	= 29 x 74 x 0,1242	= 267 kg CZV
$V_i - V_o$		= 1.083 kg CZV
V_{ab}	= 0,38 x 1.083	= 412 kg CZV
V_g	= 0,62 x 1.083	= 671 kg CZV

Van de 5 buien met emissie waarbij er iets is misgegaan met de bemonstering is van 4 buien het aantal monsters te achterhalen met behulp van de vuistregel:
(aantal interne monsters) = (aantal externe monsters + 9.

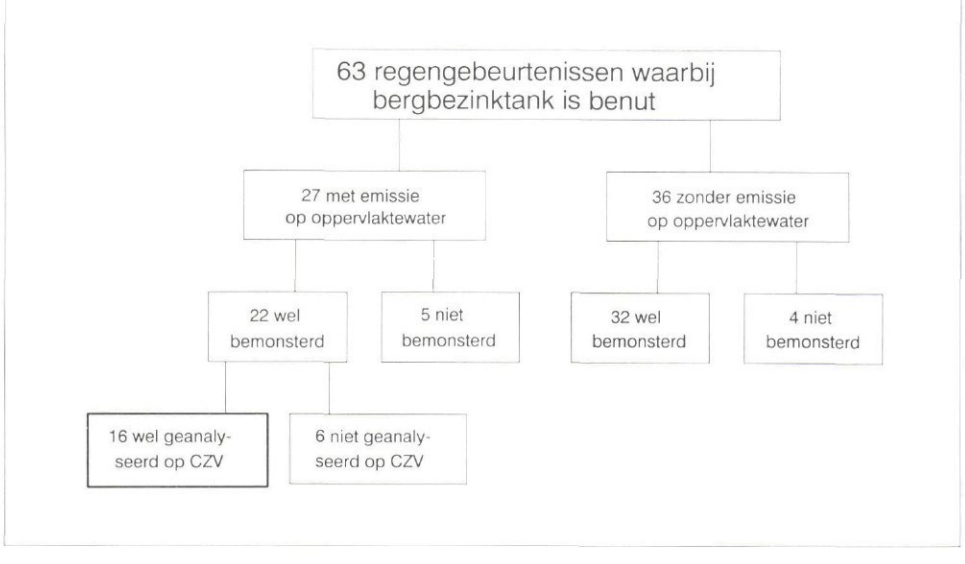
Dit komt neer op 70 interne en 34 externe monsters, goed voor de volgende vrachten:

V_i	= 70 x 74 x 0,2252	= 1.167 kg CZV
V_o	= 34 x 74 x 0,1242	= 312 kg CZV
$V_i - V_o$		= 855 kg CZV
V_{ab}	= 0,38 x 855	= 325 kg CZV
V_g	= 0,62 x 855	= 530 kg CZV

Voor de 32 wel bemonsterde buien zonder emissie zijn in totaal 167 monsters genomen:
V_i = 167 x 74 x 0,2252 = 2.783 kg CZV
Geëxtrapoleerd naar alle 36 buien zonder emissie geeft dit:
$V_i = V_g = (36/32) \times 2.783 = 3.131$ kg CZV
$V_{ab} = 0$
$V_o = 0$

Getotaliseerd voor alle buien met en zonder emissie wordt de volgende vuilbalans verkregen:

Afb. 7 - Overzicht van alle regengebeurtenissen in Amersfoort.



concentratie van het overgestorte water uitgezet. Het verschil tussen beide lijnen is de bezonken vuilvracht. Het bergingsrendement is:

$$R_g = \frac{V_g}{V_i} \cdot 100\% = \frac{\int_{V_1}^{V_2} c_{in} dV}{\int_{0}^{V_2} c_{in} dV} \cdot 100\% \qquad (10)$$

Het actuele bezinkingsrendement is:

$$R_{ab} = \frac{V_b}{V_i} \cdot 100\% = \frac{\int_{0}^{V_1} (c_{in} - c_{uit}) dV}{\int_{0}^{V_2} c_{in} dV} \cdot 100\% \qquad (10)$$

De rendementscijfers zoals ze zijn gepresenteerd in het NWRW-rapport, zijn berekend voor slechts een gedeelte van de buien die hebben geleid tot een emissie op het oppervlaktewater. Alleen die buien die volledig zijn bemonsterd en waarvoor de monsters volledig zijn geanalyseerd zijn indertijd in de berekening opgenomen. Om het effect van het wel of niet meenemen van alle regengebeurtenissen op het rendement zichtbaar te maken, is in afb. 7 een schematisch overzicht gegeven van alle 63 gebeurtenissen. Hieruit is af te lezen dat de berekeningen (voor CZV) indertijd zijn gebaseerd op 16 van de 63 geregistreerde neerslaggebeurtenissen. Het niet meenemen van alle buien betekent het weglaten van essentiële informatie.

De herziene rendementen

De in afb. 5 gepresenteerde rendementen verdienen nog een verdere correctie, omdat een gedeelte van de vuilreducerende werking van de tank niet in het onderzoek is betrokken. In het rapport staat letterlijk: 'Monsters van gebeurtenissen, waarbij geen lozing op het oppervlaktewater is opgetreden, zijn niet in dit onderzoek opgenomen'.
Dit houdt in dat de 36 neerslaggebeurtenissen waarbij de bergbezinktank louter functioneerde als bergtank niet in beschouwing zijn genomen, evenals de 11 gebeurtenissen met emissie die niet volledig zijn bemonsterd c.q. geanalyseerd (zie afb. 7).
Het specifieke van een bergbezinktank is nu juist dat hij niet onder alle omstandigheden fungeert als bergbezinktank maar voor een aantal kleinere buien alleen als bergtank. Zolang er geen overstorting uit de tank is opgetreden is er geen verschil tussen een bergtank en een bergbezinktank. Wanneer men deze kleine buien ook in de berekening betrekt, zal dit op twee manieren in de rendementen tot uitdrukking komen:
- door het meenemen van de kleine buien zal het totaalrendement hoger worden;
- omdat de vuiluitworpreductie van kleine buien volledig het gevolg is van berging zal het bergingsrendement relatief stijgen ten opzichte van het actuele bezinkingsrendement.

Een exacte berekening van de herziene rendementen is niet te geven, maar voor Amersfoort is een vrij nauwkeurige schatting mogelijk, omdat van alle bemonsterde buien in ieder geval het aantal monsters bekend is, echter geen analyseresultaten. Uit het aantal monsters is voor iedere bui bij benadering de ingestroomde en overgestorte hoeveelheid water te berekenen. De tankinhoud tussen 2 bemonsteringspeilen is exact 70 m³. Per gebeurtenis is het in- of uitgestroomde volume te berekenen als (aantal monsters) x 70 + A m³. De term A staat voor een onbekende hoeveelheid rioolwater < 70 m³, zijnde de hoeveelheid tussen twee opeenvolgende bemonsteringspeilen. De grootte van deze term wordt berekend uit de in het rapport vermelde totalen voor het in- en uitgestroomde volume.
Voor de gehele onderzoekperiode zijn 324 monsters van het instromende rioolwater getrokken en is in totaal 23.587 m³ ingestroomd. Er zijn 175 monsters uit een totale hoeveelheid van 13.272 m³ overstortend water getrokken. Dit komt neer op een gemiddelde van 74 m³ per monster (A = 4 m³).
Voor de CZV-gehaltes wordt het gemiddelde van de 16 geanalyseerde buien aangehouden, 225,2 g/m³ respectievelijk 124,2 g/m³ voor het ingestroomde en overgestorte water.
Van de 6 buien met emissie die niet zijn geanalyseerd op het CZV zijn 81 interne en 29 externe monsters getrokken. Hieruit zijn de vrachten als volgt berekend:

V_i	= 81 x 74 x 0,2252	= 1.350 kg CZV
V_o	= 29 x 74 x 0,1242	= 267 kg CZV
$V_i - V_o$		= 1.083 kg CZV
V_{ab}	= 0,38 x 1.083	= 412 kg CZV
V_g	= 0,62 x 1.083	= 671 kg CZV

Van de 5 buien met emissie waarbij er iets is misgegaan met de bemonstering is van 4 buien het aantal monsters te achterhalen met behulp van de vuistregel:
(aantal interne monsters) = (aantal externe monsters + 9.

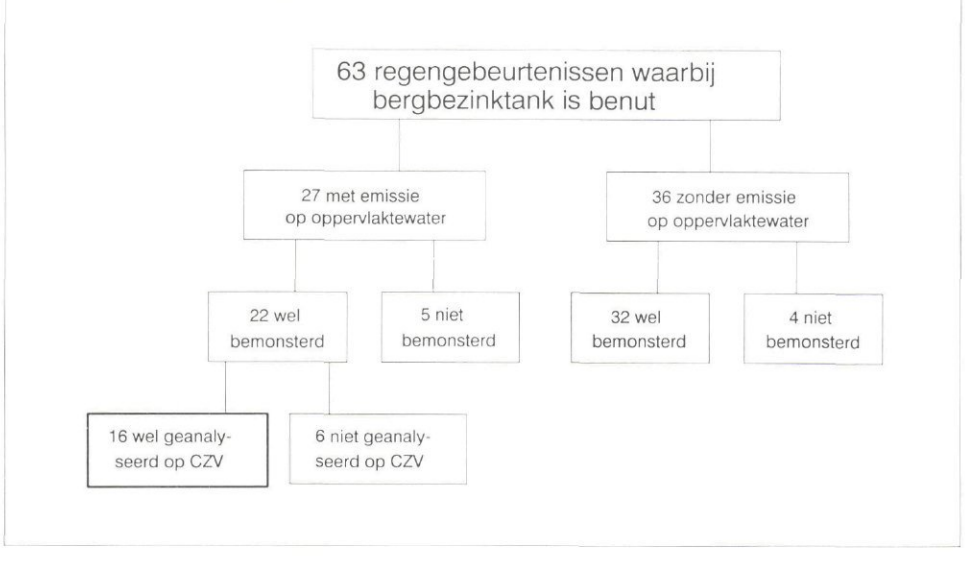
Dit komt neer op 70 interne en 34 externe monsters, goed voor de volgende vrachten:

V_i	= 70 x 74 x 0,2252	= 1.167 kg CZV
V_o	= 34 x 74 x 0,1242	= 312 kg CZV
$V_i - V_o$		= 855 kg CZV
V_{ab}	= 0,38 x 855	= 325 kg CZV
V_g	= 0,62 x 855	= 530 kg CZV

Voor de 32 wel bemonsterde buien zonder emissie zijn in totaal 167 monsters genomen:
V_i = 167 x 74 x 0,2252 = 2.783 kg CZV
Geëxtrapoleerd naar alle 36 buien zonder emissie geeft dit:
$V_i = V_g = (36/32) \times 2.783 = 3.131$ kg CZV
$V_{ab} = 0$
$V_o = 0$

Getotaliseerd voor alle buien met en zonder emissie wordt de volgende vuilbalans verkregen:

Afb. 7 - Overzicht van alle regengebeurtenissen in Amersfoort.



V_o = 2.227 kg
V_{ab} = 2.131 kg
V_g = 6.603 kg +
V_i = 10.961 kg

Uit afb. 8 blijkt, dat wanneer ook de kleine buien worden meegerekend het totaalrendement van de bergbezinktank stijgt van 69% naar 80%. Het aandeel hierin door de bezinking is slechts 19%, terwijl de berging zorgt voor 61% van de emissiereductie.

Wiggers heeft in een eerder artikel [9] voor Amersfoort een reductie van de gemiddelde vuilvracht aangehouden van 30%, louter en alleen door bezinking in een bergbezinktank. Hoewel deze schatting al aan de lage kant was, blijkt in werkelijkheid deze reductie nog lager uit te pakken.

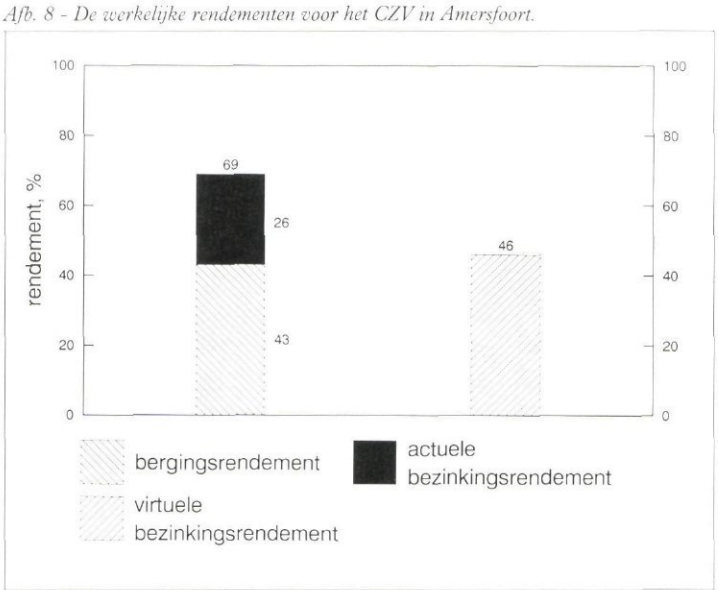
Het idee dat het bezinkingsrendement van een bergbezinktank zo'n 50% bedraagt heeft helaas al postgevat bij verschillende instanties. Illustratief is een zinsnede uit de Beleidsnotitie riolering van de Brabantse waterkwaliteitsbeheerders [1] waarin het nut van een bergbezinktank met een volume van 3 mm achter elke overstort wordt toegelicht: 'Dit volume leidt tot een acceptabele graad van terughouding van slibstoffen terwijl het volume ook een extra berging voor het rioolwater inhoudt, enzovoort'. De nadruk wordt hier eerder gelegd op het terughouden van slibstoffen (door bezinking) dan op de berging. In werkelijkheid speelt de bezinking een ondergeschikte rol in vergelijking met de berging, want de grote winst in de emissiereductie wordt gevonden in het extra toegevoegde volume.

In het rapport van de CUWVO VI subwerkgroep [2] wordt in één der bijlagen een rekenvoorbeeld ter vaststelling van de totale investeringskosten van bergbezinktanks gegeven. In deze berekening is de commissie uitgegaan van een (actueel!) bezinkingsrendement van 50%. Wanneer deze 50% wordt vervangen door een meer reële schatting van 20% en ook de overige aannames meer in overeenstemming worden gebracht met de NWRW-resultaten, dan kunnen de uitkomsten er heel anders uit zien.

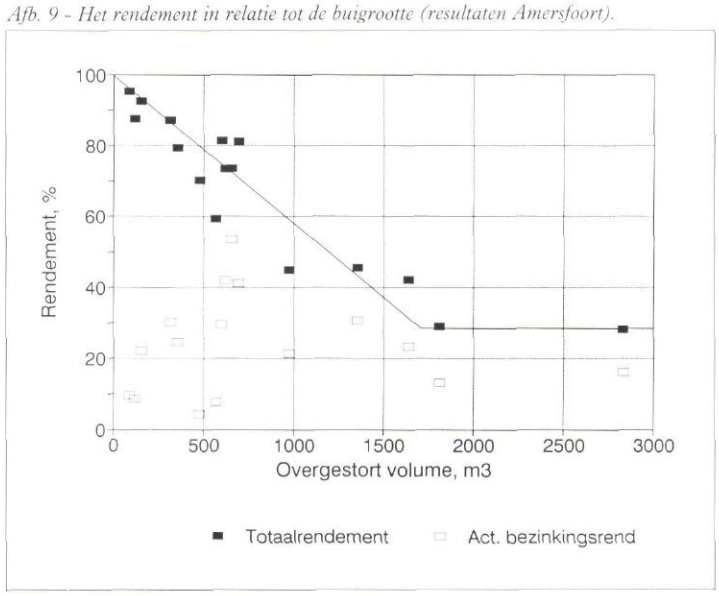
Dynamische factoren

In het vorige hoofdstuk zijn de gegevens gebaseerd op de gehele onderzoekperiode. De hierbij vermelde rendementscijfers geven een beeld van de gemiddelde situatie. Voor lange termijn beschouwingen, waarbij wordt gewerkt met jaargemiddelden, zijn deze getallen goed bruikbaar. Er bestaan echter situaties waarbij men juist is geïnteresseerd in korte termijn effecten, bijvoorbeeld bij het beoordelen van de zuurstofhuishouding van het ontvangende water vlak na een grote overstorting. Dan is het foutief om te rekenen met een totaalrendement van 80% voor het CZV.
De dynamiek van het geheel gaat nu een belangrijke rol spelen. Geen enkele regenbui lijkt op een andere. De duur van de bui kan variëren van enkele minuten tot vele uren. De neerslagintensiteit kan tijdens de bui sterk wisselen. In het rioolstelsel kan het opwoelgedrag van slibdeeltjes per bui verschillen. Bovendien bestaat nog een variatie in de hoeveelheid in het stelsel geaccumuleerd slib, een variatie die onder meer wordt beïnvloed door de voorafgaande periode. Dit alles zorgt voor een behoorlijke spreiding in hoeveelheden overstortend water, gepaard gaande met grote concentratieverschillen van de vervuilingsparameters.
Bij een langdurige bui met een lage neerslagintensiteit zal een bergbezinktank heel langzaam vollopen en vervolgens ook langzaam worden doorstroomd. In dit soort situaties benadert de werking die van bezinkingstanks op een rwzi. Bij zeer intense buien zal de tank in zeer korte tijd worden gevuld. Van bezinking zal nauwelijks sprake zijn; de tank fungeert eerder als een woelbak. Wanneer in dit soort omstandigheden de externe overstort aanspringt zal het bezinkingseffect bijzonder gering zijn.
De voorgaande beschouwing verklaart de variatie in de rendementen die ook in Amersfoort is geconstateerd. Terwijl voor alle buien die tot een externe overstorting hebben geleid het gemiddelde totaalrendement op 69% ligt, is voor de zwaarste buien dit rendment minder dan 30%. Dit impliceert dat er ook buien zijn geweest met een totaalrendement ver boven het gemiddelde. Een voor de hand liggende gedachte is om te onderzoeken of er een relatie bestaat tussen het totaalrendement en de hoeveelheid overstortend water. Het verband tussen beide grootheden is weergegeven in afb. 9. Voor de twee zwaarste buien ligt het totaalrendement op zo'n 29%. Voor de overige 14 buien is er een dalende tendens waarneembaar bij een toename van de buigrootte. Een lineaire regressie over deze 14 buien levert de in de afbeelding getekende rechte op.
Terwijl voor het totaalrendement nog een relatie met de buigrootte is te vinden, is dit beslist niet het geval voor het actuele bezinkingsrendement. Dit is ook te zien in afb. 9 aan de grote spreiding van de

Afb. 8 - De werkelijke rendementen voor het CZV in Amersfoort.



Afb. 9 - Het rendement in relatie tot de buigrootte (resultaten Amersfoort).



bezinkingsrendementen. Het is helaas zo dat in het NWRW-rapport [4] de onderzoekresultaten zodanig zijn gepresenteerd dat iedere relatie met de factor tijd ontbreekt. Het is daarom niet mogelijk om na te gaan of de snelheid waarmee de bergbezinktank is volgelopen van enige invloed is geweest op het actuele bezinkingsrendement. Wellicht kan in een toekomstig artikel meer aandacht aan dit facet worden besteed.
Uit de grote spreiding van de bezinkingsrendementen, zoals ze zijn bepaald in Amersfoort, blijkt het dynamische karakter van een bergbezinktank in de praktijk. Dit vormt bepaald geen pleidooi voor een ontwerpmethode van bergbezinktanks die is gebaseerd op continu doorstroomde bezinkingstanks.

Conclusies
- Wanneer men het effect van het plaatsen van een bergbezinktank op de vuiluitworp wil beoordelen, dan moet men uit gaan van de situatie waarin de tank aan het stelsel wordt toegevoegd; het vervangen van een deel van de bestaande onderdrempelberging door een bergbezinktank geeft geen juist beeld.
- Om de reductie van de vuiluitworp door alleen de bezinking in een bergbezinktank te bepalen, moet het zogenaamde actuele bezinkingsrendement worden berekend met behulp van de formule

$R_{ab} = (V_b/V_i) \times 100\%$.

- Om de totale bijdrage van een bergbezinktank aan de reductie van de vuiluitworp te bepalen moet men alle buien, ook die waarbij geen emissie naar het oppervlaktewater optreedt, in de berekening betrekken.
- Het gemiddelde totaalrendement van een bergbezinktank wordt voor ongeveer driekwart bepaald door de extra gecreëerde berging en voor ongeveer één kwart door bezinking.
- Gebaseerd op het NWRW-onderzoek in Amersfoort wordt de vuilemissie met gemiddeld 80% gereduceerd door het plaatsen van een bergbezinktank van 640 m³, overeenkomend met 2,5 mm berging. Door bezinking wordt gemiddeld slechts 19% van de vuilemissie tegengehouden, terwijl de extra berging zorgdraagt voor gemiddeld 61% van de reductie.
- Per regenbui vertonen de rendementscijfers een dermate grote variatie dat voor korte termijn beschouwingen niet kan worden uitgegaan van gemiddelde waarden.

Literatuur

1. Brabantse waterkwaliteitsbeheerders (1992). *Beleidsnotitie riolering.* Januari 1992.
2. CUWVO VI subwerkgroep Eisen Rioolwateroverstorten (1992). *Aanbevelingen voor het beleid en de vergunningverlening met betrekking tot overstortingen uit rioolstelsels en regenwaterlozingen.* Concept eindrapport, februari 1992.
3. Koot, A. C. J. (1985). *Inzameling en transport van rioolwater.* Collegedictaat Vakgroep Gezondheidstechniek & Waterbeheersing, TU Delft.
4. Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (NWRW) (1987). *Rendement randvoorzieningen bergbezinkbassin in Amersfoort.* Rapport nr. 8.1.
5. Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (NWRW) (1986). *Rendement randvoorzieningen bergbezinkbassin Kerkrade.* Rapport nr. 8.2.
6. Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (NWRW) (1990). *Rendement randvoorzieningen werveloverstortput te Goes.* Rapport nr. 8.3.
7. Nationale Werkgroep Rioleringen Waterkwaliteit (NWRW) (1990). *Rendement randvoorzieningen verbeterde overstortput te IJsselmonde.* Rapport nr. 8.4.1.
8. Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (NWRW) (1989). *Rioolstelsels met en zonder bergbezinkbassins.* Rapport nr. 8.5.
9. Wiggers, J. B. M. (1991). *Overleeft de overstortingsfrequentie?* H_2O, 24, nr. 6, p. 152-156.

• • •

Vervuiling drinkwater Tilburg beperkt

In de verdere omgeving van de Tilburgse Lange Nieuwstraat en het Energieplein, waar eind september vervuiling van het drinkwater met trichloorethaan werd geconstateerd, is geen verontreiniging in de waterleiding aangetroffen. Dat heeft een nader onderzoek van het Tilburgse waterbedrijf TWM uitgewezen.
Nu van verspreiding van de vervuiling geen sprake lijkt, richt de TWM het onderzoek op de bron van de verontreiniging. Dat is waarschijnlijk de nabij gelegen NS-hoofdwerkplaats waarvan onlangs bekend werd dat er jarenlang vervuiling van het grondwater met olie en oplosmiddelen heeft plaatsgevonden. De TWM, die uit voorzorg in de buurt bezig is met de vervanging van zeventig kunststof dienstleidingen door ondoordringbare koperen leidingen, stelt dat de recent (in kleine concentraties) aangetroffen stof trichloorethaan niet afkomstig kan zijn van een eerdere vervuiling door de oude Tilburgse gasfabriek.
Op het advies dat de TWM eind september de bewoners gaf om eerst de kraan vijf minuten te laten lopen alvorens drinkwater te gebruiken, is van de kant van de Tilburgse Milieudienst en NS kritiek geuit. Ook het besluit van TWM om de dienstleidingen te vervangen en daarvoor de rekening – ca. 50.000 gulden – bij NS te deponeren, wordt door beide instanties overdreven genoemd. (ANP)

Provincie Utrecht stelt algemene voorschriften vast voor grondwaterbeschermingsgebieden

De provincie Utrecht heeft als eerste provincie in Nederland algemene voorschriften vastgesteld voor grond- en funderingswerkzaamheden in grondwaterbeschermingsgebieden. Het gaat om algemene regels voor de toepassing van bouwstoffen bij grondwerken, het inbrengen van heipalen; het gebruik van diepwanden, schermen, damwanden en groutankers en het injecteren van de bodem.

Het gaat om 27 beschermingsgebieden in de provincie Utrecht waar jaarlijks circa 90 miljoen kubieke meter grondwater wordt gewonnen voor de bereiding van drinkwater. De nieuwe voorschriften moeten voorkomen dat schadelijke stoffen in het grondwater kunnen komen en de beschermende werking van kleilagen wordt aangetast.

De algemene voorschriften moeten langdurige ontheffingsprocedures voorkomen. Tot nog toe moest elke ingreep in een beschermingsgebied worden voorgelegd aan de provincie voor ontheffing. Enige maanden geleden stelde de provincie Utrecht ook voor boringen, (spoor)wegen en parkeerterreinen algemene voorschriften vast. (Persbericht provincie Utrecht)

Cursus Nieuwe ontwikkelingen bij de behandeling van afvalwater

De Stichting Postacademisch Onderwijs Gezondheidstechniek en Milieutechnologie organiseert een cursus 'Nieuwe ontwikkelingen bij de behandeling van afvalwater'. De cursus vindt plaats op 24, 25 en 26 november 1992 in het gebouw voor Civiele Techniek bij de TU Delft.

Tijdens de cursus wordt aandacht besteed aan nieuwe ontwikkelingen en technieken, zoals de korrelreactor, nitrificatie- en denitrificatiemethodieken, biologische fosfaatverwijdering, verbeterde slibontwatering, moderne slibverbranding enzovoort. Ook zal worden ingegaan op nog te verwachten ontwikkelingen.
Nadere inlichtingen: Stichting Postacademisch Onderwijs Gezondheidstechniek en Milieutechnologie, mw. ir. M. L. Nieuwenhuis, Postbus 5048, 2600 GA Delft, telefoon 015 - 78 46 18.