

Hergebruik van spoelwater bij drinkwaterbedrijven

Inleiding

Vrijwel elk drinkwaterproductiepompstation produceert afvalwater, voornamelijk in de vorm van spoelwater. In het VEWIN-Milieuplan [1] wordt gesteld dat ten aanzien van de afval- c.q. reststoffenproblematiek de nadruk gelegd moet worden op de recycling en/of het op andere wijze tot 'nuttige stof' omvormen van het afvalproduct. In dit plan wordt ook aangegeven dat milieuproblemen veelal een relatie hebben met het waterverbruik.



I.R. J. W. WOUTERS
DHV Water BV



I.R. J. VAN DER VELDE
TU Delft
Thans DHV Water BV



I.R. R. J. N. WILLEMSE
Hubert BV
Afd. drinkwater

Als het waterverbruik afneemt, neemt ook de milieubelasting, veroorzaakt door de drinkwaterbedrijven, af. Deze waterbesparing is onder andere te realiseren door voorlichting aan de consument. Daarnaast moet beschouwd worden hoe het waterverbruik van de waterleidingbedrijven zelf verkleind kan worden en op welke wijze het slib kan worden behandeld. In dit kader is een studie verricht naar de praktijk van het hergebruik van spoelwater en de verwerking van slib bij de Nederlandse drinkwaterleidingbedrijven [2,3]. In deze publikatie wordt specifiek ingegaan op het spoelwaterhergebruik; in een separate publikatie wordt aandacht besteed aan de slibverwerking.

Verreweg het grootste deel van het vrijkomende afvalwater ontstaat bij het spoelen van snelfilters. De hoeveelheden spoelwater kunnen variëren van 1-10% van de drinkwaterproductie. Hergebruik van dit watervolume is derhalve primair interessant.

Spoelwaterhoeveelheden en wijze van hergebruik

In tabel I is de spoelwaterproductie bij drinkwaterproductiepompstations samengevat.

Samenvatting

Bij de drinkwaterproductie komt spoelwater vrij bij het spoelen van de snelfilters. De hoeveelheid hangt onder meer af van de kwaliteit van de gebruikte grondstof en de methode van filtreren en kan 1-10% van de totale productie bedragen. Waterleidingbedrijven die gebruik maken van oppervlaktewater als grondstof voor de productie van drinkwater kunnen dit spoelwater vrij eenvoudig terugwinnen door het terug te voeren in de hoofdstroom. Bij grondwaterbedrijven is dit niet mogelijk, omdat de zuivering in het algemeen slechts uit beluchting en filtratie bestaat. Om het spoelwater te kunnen hergebruiken is een aparte zuivering noodzakelijk. Het batchgewijs vrijkomende spoelwater moet eerst gebufferd worden, voordat het verwerkt kan worden. De verwerking bestaat uit vlokvorming/-verwijdering, filtratie en desinfectie, waarna het als drinkwater in de reinwaterberging gebracht kan worden.

De omvang van de buffer en de grootte van de nageschakelde verwerkingscapaciteit zijn geoptimaliseerd voor een minimalisatie van investeringskosten. Daarbij is gebruik gemaakt van simulatietechnieken. De optimale omvang van de spoelwaterbehandelingscomponenten kunnen hiermee vastgesteld worden.

Circa tweederde van het geproduceerde drinkwater is gebaseerd op grondwater. Grondwaterpompstations hebben een capaciteit van 3-15 miljoen m³/j; het zuiveringsschema bevat minimaal beluchting/ontgassing en filtratie. Afvalwater wordt gegenereerd bij het spoelen van de filters. Oppervlaktewaterpompstations zijn groter van omvang (capaciteiten variërend tussen 5 en 120 miljoen m³/j) en zijn bovendien uitgerust met een uitgebreider zuiveringsschema: bezinking/flotatie, filtratie, actiefkoolfiltratie en desinfectie. Afvalwater komt vrij bij bezinking/flotatie (gering watervolume, hoog slibgehalte) en bij de filtratieprocessen (groot watervolume, laag slibgehalte).

Een pompstation, waarbij oppervlaktewater wordt geïnfiltreerd in de bodem bevat de karakteristieken van zowel een grondwater- (ná infiltratie) als een oppervlaktewaterpompstation (vóór infiltratie).

De totale spoelwaterproductie van de drinkwaterpompstations in Nederland bedraagt circa 42 miljoen m³/j. Dit is 3,5% van de drinkwaterproductie. De huidige stand van zaken over hergebruik van spoelwater kan als volgt worden samengevat:

– Spoelwater bij oppervlaktewaterpompstations wordt grotendeels hergebruikt; het spoelwater wordt zonder behandeling

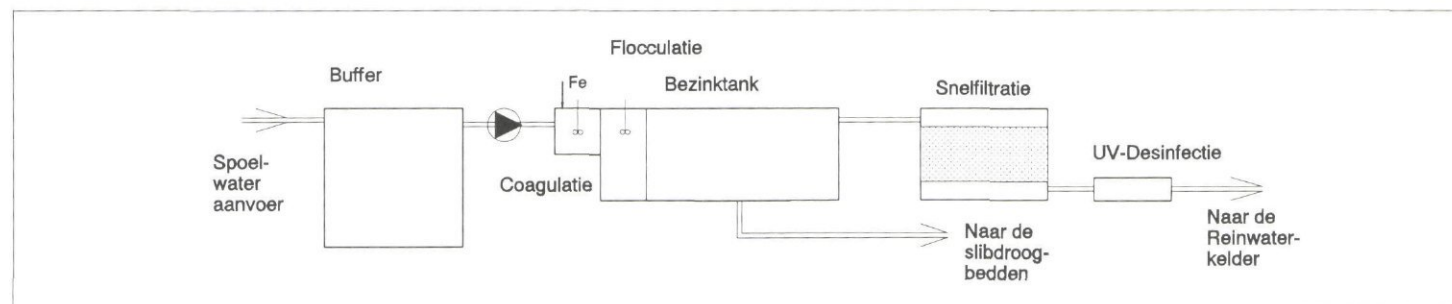
teruggevoerd naar de ruwwatertoevoer. – Pompstations met een bodempassage in de vorm van duininfiltratie onderwerpen het spoelwater aan een bezinking, alvorens het water wordt geïnfiltreerd in de bodem, waarna het wederom onderdeel uitmaakt van het primaire productieproces. – Bij grondwaterpompstations en pompstations gebaseerd op oeverinfiltratie speelt hergebruik nu slechts een ondergeschikte rol; het spoelwater wordt na een bezinkingsfase geloosd op het riool of op oppervlaktewater.

Vooral in de laatste categorie zal de behandeling van spoelwater de komende jaren meer en meer een verplicht onderdeel gaan vormen van het productieproces door de noodzaak tot beperking van de grondwateronttrekking. In de praktijk betekent dit dat op een groot aantal grondwaterpompstations een spoelwaterbehandeling voor hergebruik zal moeten worden geïntroduceerd. Een prinscipeschema is gerepresenteerd in afbeelding 1, waarbij het spoelwater separaat gezuiverd wordt tot drinkwater. De basiscomponenten van een dergelijke opzet zijn een spoelwaterbuffer, vlokvorming/-vlokverwijdering, snelfiltratie en UV-desinfectie.

In deze publikatie wordt ingegaan op de benodigde grootte van de spoelwater-

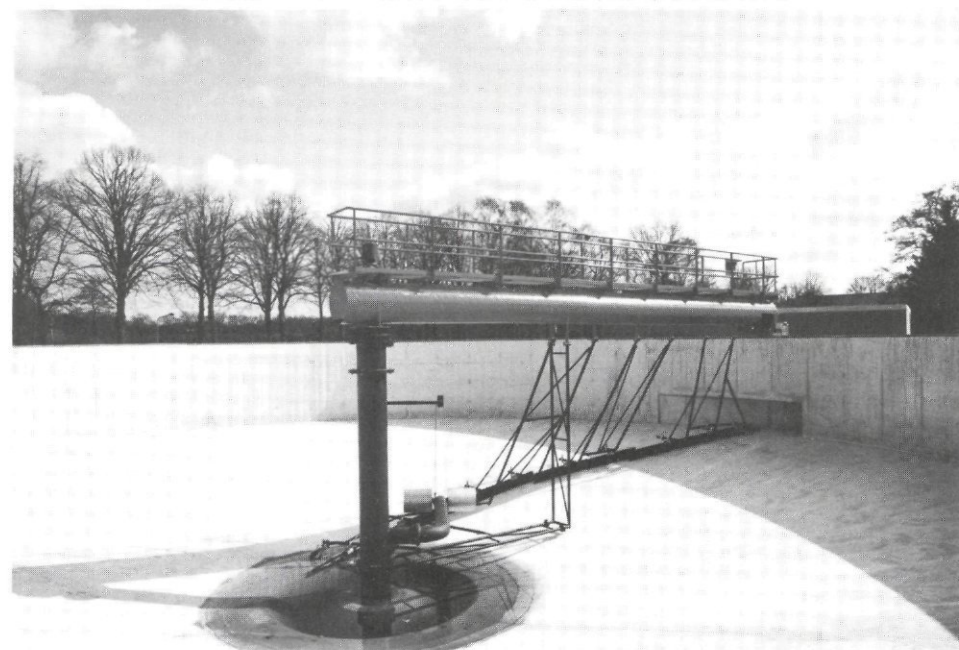
TABEL I – Drinkwaterproductie en gegenereerde afvalwaterhoeveelheden (situatie 1989, [4]).

Grondstof	Aantal pompstations	Drinkwaterproductie (Mm ³ /j)	Afvalwaterproductie (Mm ³ /j)	Hergebruik afvalwater (%)
oppervlaktewater	19	204	15 (7%)	80
grondwater	211	765	21 (3%)	8
oeverfiltratie	12	44	2 (4%)	0
duininfiltratie	10	188	4 (2%)	95
totaal	252	1.200	42 (3,5%)	41

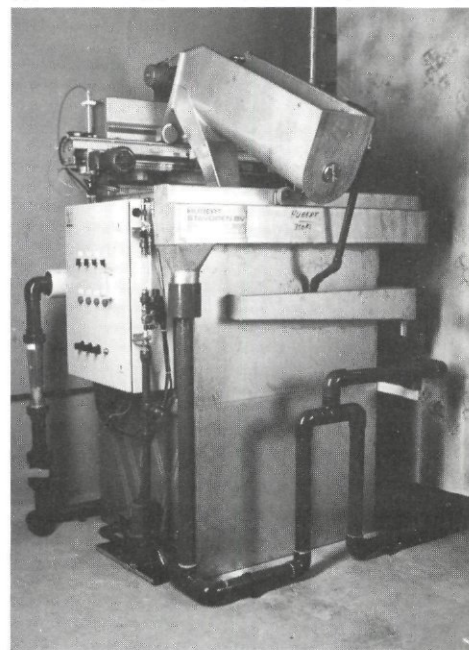


Afb. 1 - Basisconfiguratie spoelwaterbehandeling.

Afb. 2 - Ronde spoelwaterbuffer met ruimerinstallatie op ps Loosdrecht (WMN) (foto Hubert BV).



Afb. 3 - Proefinstallatie met continue filtratie (type TOVEKO), ps Ouddorp (DeltaN) (foto Hubert BV).



buffer en de capaciteit van de nageschakelde spoelwaterverwerking. Aan de ontwerpgrondslagen en uitvoeringsvormen van de zuiveringscomponenten wordt in dit kader geen aandacht besteed. In afbeelding 2 en 3 zijn enkele illustraties gegeven van een spoelwaterbuffer met ruimerinstallatie en een (continue) filtratie-installatie.

Grootte van de procesonderdelen

Invloedsfactoren

Het overgrote deel van het filterspoelwater komt vrij in korte tijd. Om verwerking ervan mogelijk te maken is derhalve een buffer noodzakelijk. De omvang van de buffer en de nageschakelde behandelingscapaciteit hangt af van:

- Het *spoelwatervolume per filter*; typische waarden zijn 8 m³/m² filterbed en filteroppervlaktes van 10-25 m². Het volume bedraagt derhalve 80-200 m³/filterspoeling.
- Het *aantal filterspoelingen per dag*; dit is afhankelijk van de looptijd van de filters en het aantal productiefilters.
- Het *spoelregime*:

- spoelen *in constante tijdsintervallen* (bijvoorbeeld 8 filters/dag met intervallen van 3 h);
- spoelen *op druk*; bij het bereiken van het drukcriterium wordt de terugspoelprocedure gestart.
- spoelen *in een beperkte tijdperiode*; nu worden de filters aaneenvolgend gespoeld, bijvoorbeeld gedurende de nachtelijke uren (laag stroomtarief) of overdag (bij aanwezigheid van de bedrijfsvoerder).
- De *spoelwaterbehandelingsstrategie*:
- Een *discontinue* behandeling, waarbij de buffer tegelijkertijd als bezinkbassin dienst doet; een minimale bezinktijd (bijvoorbeeld 3 h) is noodzakelijk, voordat het bezonken water gefiltreerd kan worden.
- Een *continue* behandeling, waarbij de buffer functioneert als egalisatiebassin; verwerking kan plaatsvinden zodra het bassin spoelwater bevat.

Een discontinue spoelwaterbehandeling (combinatie van buffering/bezinking) vereist een wachttijd voor bezinking voordat het spoelwater verwerkt kan

worden. Hierdoor zal de behandelingscapaciteit groter moeten zijn dan bij continue behandeling. Om deze reden blijkt deze optie alleen interessant voor kleine pompstations met een beperkt aantal filterspoelingen per dag (orde: 4, [2,3]); deze configuratie zal hier verder buiten beschouwing blijven. Bij de introductie van een spoelwaterbehandeling is spoelen in een beperkte tijdperiode niet gunstig, aangezien dit per definitie een groot buffervolume vereist. Aanpassing van de wijze van spoelen in het primaire proces is nu interessant.

Dimensionering van de spoelwaterbehandeling

De dimensionering van de spoelwaterbehandeling is onder te verdelen in de bepaling van de grootte van de buffer en de nageschakelde spoelwaterbehandelingscapaciteit. De grootte van de buffer (V_b in m³) is uit te drukken in het aantal spoelwatervolumina (V_{sp} in m³) dat opgevangen moet kunnen worden:

$$V_b = \alpha \cdot V_{sp}$$

De spoelwaterbehandelingscapaciteit (Q_v

in m³/h) is minimaal het gemiddelde spoelwateraanbod (Q_g in m³/h) op de maximum dag. Voor een produktiepompstation met n filters, die alle een looptijd (T_l in uur) van 24 uur hebben op de maximum dag, geldt dus:

$$Q_g = \frac{n \cdot V_{sp}}{T_l}$$

$$Q_v = f \cdot Q_g$$

De factor f geeft de overdimensionering van de spoelwaterbehandeling ten opzichte van de minimaal benodigde spoelwaterbehandelingscapaciteit.

Dimensionering van de spoelwaterbehandeling komt neer op het vaststellen van de waarden voor α en f . Daarbij geldt dat een grotere waarde voor α (grotere buffer) een lagere waarde voor f (kleinere spoelwaterbehandelingscapaciteit) tot gevolg heeft. In het ontwerp moet nu de maatgevende situatie vastgesteld worden. Hier wordt ingegaan op de situaties waarbij de filters gespoeld worden op druk en op tijd.

Spoelen op druk

Bij spoelen op druk wordt een filter gespoeld als de bedweerstand de maximaal toelaatbare waarde heeft bereikt. Spoelen op deze wijze betekent dat het totale spoelwatervolume, dat jaarlijks wordt geproduceerd, wordt geminimaliseerd in vergelijking met een spoelregime op tijd.

Het aanbod van spoelingen is min of meer gelijkmatig verdeeld over de tijd, maar het moment waarop een filter daadwerkelijk gespoeld moet worden, is willekeurig. Echter de kans dat alle filters achter elkaar gespoeld moeten worden is erg klein, zodat in de praktijk de spoelwaterbehandelingscomponenten (buffer en behandelingscapaciteit) niet worden ontworpen op deze uiterste situatie. In een dergelijke situatie staan twee oplossingen open:

- Men accepteert dat incidenteel het buffervolume tekort schiet om nog een spoeling op te vangen. Het overtollige water wordt dan door een overstort afgevoerd naar riool of oppervlaktewater.
- Het spoelen van nog een filter wordt een bepaalde tijd (wachttijd) uitgesteld. Dit is alleen mogelijk als een reserve in de melding voor een spoeling is ingebouwd (een filter meldt zich nu bijvoorbeeld als 90% van de maximale drukopbouw is bereikt).

Het aantal mogelijke combinaties van α en f bij het op druk spoelen van filters is dermate groot, dat het bepalen van de grootte van de buffer (α) en de behande-

Simulatie spoelwaterbehandeling

De spoelwaterbehandeling is gesimuleerd met een daartoe geschikt simulatiemodel. Hier volgt een beschrijving van het model en een voorbeeld van de resultaten, die ermee verkregen worden.

Het model gaat uit van n filterspoelingen per dag, waarbij het tijdstip van spoeling willekeurig verdeeld is over de dag. Er worden vervolgens twee simultane processen gesimuleerd, betrekking hebbend op het primaire produktieproces (tijdstip van filterspoeling) en het spoelwaterverwerkingsproces.

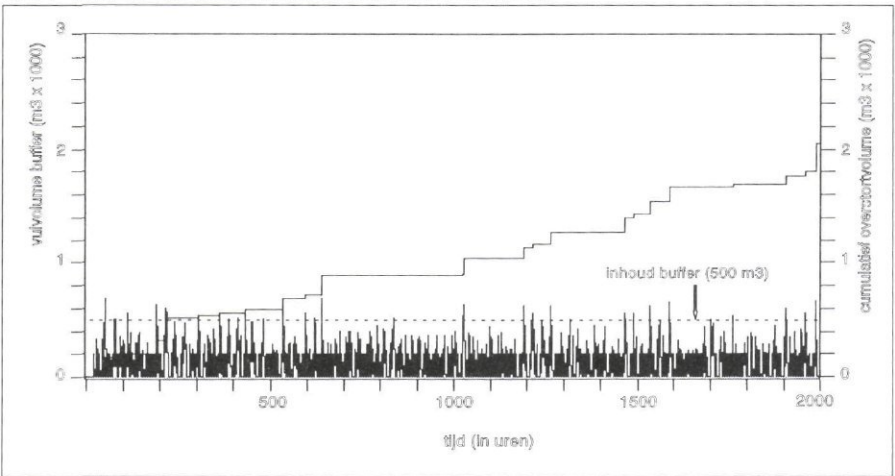
Het tijdstip waarop een filter in spoeling moet gaan wordt bepaald op basis van een Poisson-verdeling. Daarbij wordt uitgegaan van een aantal produktiefilters n en een gemiddelde looptijd T_l (h). Dit betekent dat filterspoelingen zich willekeurig aandienen over de dag. Als er zich méér dan één filter tegelijkertijd aanbiedt, vindt spoeling plaats met een tijdsperiode T_c tussen de aanvang van de opeenvolgende spoelingen.

De spoelwaterverwerking vangt aan op het moment dat spoelwater beschikbaar is in de spoelwaterregalisatiebuffer (inhoud V_b m³); verwerking geschiedt met een capaciteit Q_v (m³/h). De invoerparameters zijn hieronder samengevat; ook zijn de numerieke waarden vermeld van de simulatie die hier bij wijze van voorbeeld is gepresenteerd. Zie afbeelding 4.

n	aantal produktiefilters	8
T_l	filterlooptijd	23,5 h
T_c	cyclustijd (duur van een spoeling)	0,5 h
V_b	beschikbare netto berging	500 m ³
V_{sp}	spoelwatervolume per spoeling	200 m ³
$V_{sp,j}$	spoelwaterproduktie per jaar	300.000 m ³ /j
Q_v	spoelwaterbehandelingscapaciteit	100 m ³ /h
α	V_b/V_{sp}	2,5
Q_g	gemiddelde dagelijkse spoelwatervolume	67 m ³ /h
f	Q_v/Q_g	1,5

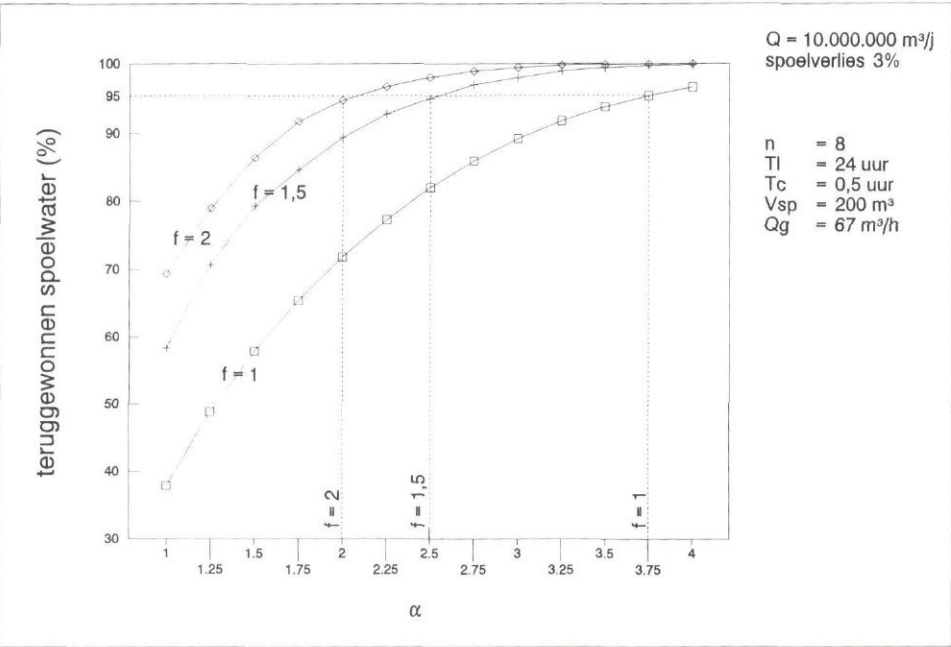
Er zijn 85 produktiedagen gesimuleerd, waarbij de vullingsgraad van de buffer en het cumulatieve overstortvolume in de tijd is gevolgd. Het laatste betreft de hoeveelheid water, die overgestort en geloosd is vanuit het bufferbassin. Met de beschouwde configuratie ($\alpha = 2,5$ en $f = 1,5$) blijkt circa 97% van het totale aanbod aan spoelwater verwerkt te kunnen worden; 9000 m³ spoelwater wordt jaarlijks niet verwerkt.

Afb. 4 - Simulatie van spoelwateraanbod en spoelwaterbehandeling.



lingscapaciteit (f) zich goed leent voor een uitwerking met behulp van een simulatiemodel (zie kader). Met een dergelijk model kan het willekeurige aanbod van filterspoelingen gesimuleerd worden over een bepaalde periode en de waarden van α en f geoptimaliseerd worden. In afbeelding 5 is de relatie tussen α en f weergegeven voor een produktiepompstation met een capaciteit van 10 miljoen m³/jaar, bestaande uit 8 snelfilters ($n=8$), elk met een looptijd van 24 uur ($T_l=24$ uur) op de maximum dag en een spoelduur van 0,5 uur. Hierbij is de opzet zodanig dat een eventueel spoelwateraanbod boven de

behandelingscapaciteit leidt tot een toename van de vulling van de buffer, totdat overstort optreedt. Uit afbeelding 5 is voor de gegeven configuratie af te lezen welke combinaties van α en f gekozen kunnen worden om aan een gesteld criterium terug te winnen spoelwater (bijvoorbeeld: 95%) te voldoen. Tabel II illustreert dat van de mogelijke combinaties, die met de laagste behandelingscapaciteit en grootste buffer het meest interessant is met betrekking tot de kosten. Een combinatie van α en f , waarbij $f=1$



Afb. 5 - Grootte van de buffer (α) en de spoelwaterbehandelingscapaciteit (f) in relatie tot het percentage teruggewonnen spoelwater.

leidt in principe tot de laagste investeringskosten. De keuze voor een kleine overcapaciteit van de spoelwaterbehandeling ($f=1,5$) kan echter om de volgende redenen gewenst zijn:

- Grotere flexibiliteit en robuustheid van de spoelwaterverwerking bij wijzigende bedrijfsomstandigheden, zoals:
 - kortere filterlooptijd in het bedrijfsproces, bijvoorbeeld door een veranderende ruwwatersamenstelling (zwaardere filterbelasting);
 - groter benodigd spoelvolume per spoeling bij onvoldoende filterreiniging;
 - (mogelijke) toekomstige capaciteitsuitbreidingen.
- Grotere beschikbaarheid van de spoelwaterverwerking bij onderhoudswerkzaamheden.
- Geringe meerkosten bij realisatie van een kleine overcapaciteit (zie tabel II).

Spoelen op tijd

Als filters op tijd gespoeld worden, is het totale geproduceerde spoelwatervolume groter in vergelijking met spoelen op druk, omdat niet (altijd) de maximale filter-bedweerstand wordt bereikt op het moment dat een filter wordt gespoeld. Bij een volledig spoelwaterhergebruik gaat echter het spoelwatervolume niet

verloren, maar wordt het teruggevoerd in het primaire productieproces. Het verschil tussen spoelen op druk en spoelen op tijd manifesteert zich nu alleen in een iets groter te behandelen volume spoelwater. Als spoeling van de productiefilters gelijkmatig verdeeld plaatsvindt, wordt de spoelwaterbuffer en de nageschakelde verwerking gelijkmatig over de dag belast. In principe betekent dit dat iedere spoeling verwerkt kan worden in de periode tussen twee opeenvolgende spoelingen. In dit ideale geval kan dus volstaan worden met een buffer ter grootte van één spoelvolume ($\alpha=1$) en een behandelingscapaciteit, die gelijk is aan het dagelijkse aanbod aan spoelwater ($f=1$). De waarde voor α en f zijn onafhankelijk van de omvang van het pompstation en de karakteristieken van de filters. In vergelijking met spoelen op druk kan nu theoretisch volstaan worden met een minimale omvang van de spoelwaterbehandelingscomponenten. In de praktijk zal ook bij het op tijd spoelen van filters van enige overcapaciteit in buffervolume en spoelwaterverwerking worden uitgegaan (bijvoorbeeld $\alpha=2$ en $f=1,5$) om dezelfde redenen als genoemd bij het spoelen op druk. In alle gevallen echter is de omvang van de

behandelingscomponenten geringer in vergelijking met het op druk spoelen. Dienovereenkomstig zijn ook de investeringskosten in vergelijkbare gevallen lager.

Conclusies

De grootte van de procesonderdelen voor de behandeling van spoelwater bij drinkwaterpompstations (de spoelwaterbuffer en de nageschakelde behandelingscapaciteit) kan worden vastgesteld, onder andere door gebruik te maken van simulatiemodellen. Van alle gelijkwaardige varianten blijkt de combinatie met een grote buffer en een kleine behandelingscapaciteit tot de laagste investeringskosten te leiden. De keuze voor een kleine overcapaciteit van de spoelwaterbehandeling (bijvoorbeeld 50%, $f=1,5$) kan echter om redenen van flexibiliteit, robuustheid en beschikbaarheid bij onderhoudswerkzaamheden gewenst zijn. Bovendien leidt de realisatie van een kleine overcapaciteit slechts tot relatief geringe meerkosten. De omvang van de procesonderdelen van de spoelwaterbehandeling is ook afhankelijk van de wijze waarop de snelfilters teruggespoeld worden. De minimale omvang van de onderdelen wordt bereikt bij terugspoelen op tijd. In de huidige bedrijfsvoering (zonder spoelwaterhergebruik) kan spoelen op druk gewenst zijn ter minimalisatie van het jaarlijkse spoelwatervolume. Echter als na introductie van de spoelwaterbehandeling vrijwel 100% van het spoelwater wordt hergebruikt, is het te overwegen over te gaan op een spoelregime op tijd.

Literatuur

1. VEWIN-Milieuplan. Maart 1991.
2. Manual spoelwaterhergebruik/slibverwerking. Hubert BV, april 1993, DHV Water BV.
3. Spoelwaterhergebruik bij waterleidingbedrijven. J. van der Velde, TU Delft, juni 1993.
4. Inventarisatie verwijdering slib en overige afval-/reststoffen van drinkwaterproductiebedrijven. SWO 91.226, 1991, Kiwa NV, Onderzoek en Advies.
5. Standaardisatie van kosten. DHV Water BV, september 1992.

TABEL II - Grootte van de buffer (α) en de spoelwaterbehandelingscapaciteit (f) voor de terugwinning van 95% van het aangeboden spoelwater.

α	f	Investerings (mln f) ref [5]	Vaste kosten/jaar (f/m³ spoelwater)	Vaste kosten/jaar (f/m³ drinkwater)
3,75	1,0	2,6	0,86	0,026
2,50	1,5	2,9	0,96	0,029
2,00	2,0	3,3	1,10	0,033