



# Richtlijnen ten behoeve van reservoirs voor drinkwater

Ontwerp, realisatie, bedrijfsvoering en beheer

**KWR 2011.046**  
**Oktober 2011**



Watercycle Research Institute

# Richtlijnen ten behoeve van reservoirs voor drinkwater

Ontwerp, realisatie, bedrijfsvoering en beheer

**KWR 2011.046**  
**Oktober 2011**

© 2011 KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.



# Colofon

**Titel**

Richtlijnen ten behoeve van reservoirs voor drinkwater; Ontwerp, realisatie, bedrijfsvoering en beheer

**Projectnummer**

A308451.004

**Onderzoeksprogramma**

Drinkwater

**Projectmanager**

P.G.G. Slaats

**Opdrachtgever**

Platform Bedrijfsvoering

**Kwaliteitsborger**

J.H.G. Vreeburg

**Auteurs**

M.A. Meerkerk en J.H.G. Vreeburg

**Verzonden aan**

Dit rapport is niet openbaar en slechts verstrekt aan de opdrachtgevers van het adviesproject. Eventuele verspreiding daarbuiten vindt alleen plaats door de opdrachtgever zelf.



# Voorwoord

Deze richtlijn is in 2010 - 2011 opgesteld in opdracht van het Platform Bedrijfsvoering (waarin alle Nederlandse drinkwaterbedrijven zijn vertegenwoordigd) met begeleiding van een projectgroep vanuit de drinkwaterbedrijven, waarin de volgende personen zitting hadden (alfabetische volgorde):

- Dhr. G.L. (Geo) Bakker (Vitens, voorzitter);
- Dhr. E. (Eugène) Coppens (Brabant Water, overleden 4 januari 2011);
- Dhr. R. (Ruud) Draak (Dunea);
- Mevr. A.A. Keek (Waternet);
- Mevr. B.C.H. (Bernadette) Lohmann (PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland);
- Dhr. M.A. (Martin) Meerkerk (KWR, secretaris);
- Dhr. T.J. (Tom) van Schaick (Waterbedrijf Groningen);
- Dhr. H.S. (Henk) Vogelaar (WML);
- Dhr. C. (Cor) Voortman (Waternet);
- Dhr. J.H.G. (Jan) Vreeburg (KWR);
- Dhr. A. (André) Willemse (Evides).

Oasen en de WMD participeerden niet in deze projectgroep.

## *Beheer van de richtlijn*

Commentaar of opmerkingen betreffende opzet en/of de inhoud van deze richtlijn kunnen per e-mail worden verzonden aan KWR Watercycle Research Institute: [martin.meerkerk@kwrwater.nl](mailto:martin.meerkerk@kwrwater.nl). Indien van toepassing zal dat worden gebruikt als input voor een volgende editie van het document.



# Inhoud

<b>Voorwoord</b>	<b>1</b>
<b>Inhoud</b>	<b>3</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>2 Dimensionering van productiereservoirs</b>	<b>7</b>
2.1 Inleiding	7
2.2 Voorraadvorming bijzondere omstandigheden	7
2.2.1 Verhoogde vraag	7
2.2.2 Verlaagde of ontbrekende productie	8
2.2.3 Reguliere voorraadvorming	8
2.3 Uitgangspunten berekening reservoirvolume	8
2.3.1 Effectief reservoirvolume	8
2.3.2 Diverse benaderingen om het reservoirniveau te berekenen	10
2.4 Conclusie	12
<b>3 Algemene aspecten</b>	<b>13</b>
<b>4 Programma van functionele aspecten</b>	<b>17</b>
4.1 Inleiding	17
4.2 Maatregelen tegen invloeden van buitenaf	17
4.2.1 Afsluitbaarheid	17
4.2.2 Toegankelijkheid	18
4.2.3 Ont- en beluchting	19
4.2.4 Vul- of toevoerleiding	20
4.2.5 Zuigkuil en -leiding	20
4.2.6 Overloop of overstort	21
4.2.7 Temperatuur	22
4.2.8 Licht	23
4.2.9 Bewuste verontreiniging	23
4.3 Maatregelen gericht op handhaving hygiënische toestand	23
4.3.1 Uitvoeringsvorm	23
4.3.2 Verversing	23
4.3.3 Waterniveaus	23
4.4 Monsterneming	24
4.5 Afvoer reinigingswater	24
4.6 Overige aspecten	24
<b>5 Realisatie van reservoirs</b>	<b>27</b>
<b>6 Operationele aspecten</b>	<b>29</b>
6.1 Inleiding	29
6.2 Ingebruikneming nieuwe reservoirs	29



6.3	(Dagelijkse) bedrijfsvoering	29
6.3.1	Verblijftijd in verband met waterkwaliteit	29
6.3.2	Calamiteitenberging	29
6.3.3	Periodieke waterkwaliteitsbeoordeling	29
6.3.4	Desinfectie na een verontreiniging	30
6.3.5	Periodieke activiteiten	31
6.3.6	Uit bedrijf nemen	31
6.4	Inspectie, eventueel onderhoud en reiniging/desinfectie	32
6.4.1	Preventieve maatregelen	32
6.4.2	Inspectie, reservoir buiten bedrijf	32
6.4.3	Onderhoud	33
6.4.4	Reiniging na inspectie (en onderhoud)	33
6.4.5	Desinfectie na inspectie/onderhoud	33
6.4.6	In bedrijf nemen	34
<b>7</b>	<b>Assetmanagement</b>	<b>35</b>
<b>8</b>	<b>Literatuur</b>	<b>37</b>
<b>I</b>	<b>Spreadsheet voor het ontwerp van het effectieve reservoirvolume</b>	<b>39</b>
<b>II</b>	<b>Desinfectie van drinkwaterreservoirs</b>	<b>41</b>
<b>III</b>	<b>Voorbeelden van alarmeringen</b>	<b>43</b>
<b>IV</b>	<b>Voorbeeld van een schematische weergave van reservoirs</b>	<b>49</b>

# 1 Inleiding

## *Kaders*

Deze richtlijn heeft betrekking op 'reservoirs voor drinkwater' (titel). Voor reservoirs ten behoeve van de opslag van drinkwater blijkt een diversiteit aan begrippen te worden gehanteerd, soms afhankelijk van de toepassing. De reservoirs vormen de schakel tussen de productie en de distributie van drinkwater, maar de plaats daarvan is echter afhankelijk van het gekozen transport- en distributiesysteem: de reservoirs kunnen zijn gesitueerd bij de productie ('productiereservoirs' of 'reinwaterreservoirs'), aan het eind van een transportsysteem ('distributiereservoirs') of in het distributienet ('suppletiereservoirs'). De reservoirs kunnen als 'hoogreservoir' (watertoren) of als 'laagreservoir' (reinwaterkelder) zijn uitgevoerd<sup>1</sup>. Laagreservoirs worden (deels) onder- of bovengronds gebouwd. Voor alle opslagsystemen geldt in beginsel echter dezelfde benadering. Omdat het in dit document gaat om alle reservoirs die vallen onder de verantwoordelijkheid van een drinkwaterbedrijf en die bedoeld zijn voor de opslag van water van drinkwaterkwaliteit is gekozen voor het algemene begrip 'drinkwaterreservoir', soms afgekort tot 'reservoir'.

Er bestaan ook 'waterslagketels' (ook aangeduid als 'windketels' of 'hydrofoorinstallaties'). Deze zijn opgesteld bij reinwater- en distributiereservoirs, en zijn bedoeld voor het opvangen van waterslag. In tegenstelling tot reservoirs voor drinkwater worden waterslagketels niet (continu) doorstroomd. Omdat het bij waterslagketels gaat om een 'voorraad' drinkwater met een andere doelstelling, zijn die in dit document niet meegenomen.

Drinkwaterreservoirs worden vervaardigd van beton of staal. Zowel betonnen als stalen reservoirs komen in deze richtlijn aan de orde, maar de nadruk ligt op beton.

De richtlijn is primair bedoeld voor de nieuwbouw van drinkwaterreservoirs. Voor bestaande situaties wordt geadviseerd zo veel mogelijk aspecten toe te passen. Dat geldt dan vooral voor hoofdstuk 6 'Operationele aspecten'.

## *Bronnenmateriaal, korte toelichting*

Een overzicht van de voor het opstellen van deze richtlijn geraadpleegde bronnen is opgenomen in hoofdstuk 8 'Literatuur'. Daarover wordt nog het volgende opgemerkt. Eisen voor systemen voor de opslag van drinkwater zijn op Europees niveau vastgelegd in de NEN-EN 1508 [16]. In deze Europese norm worden richtlijnen gegeven voor:

- het ontwerp en de constructie bij nieuwbouw;
- de uitbreiding en modificatie van bestaande bouw;
- de renovatie van bestaande bouw.

Op nationaal niveau zijn bepaalde aspecten van drinkwaterreservoirs in het verleden al vastgelegd, te weten in:

- Kiwa-Mededeling 36 [8] (1975);
- De 'Richtlijn voor de realisatie van betonnen drinkwaterreservoirs' [27] (2000);
- De 'Richtlijn voor het technisch beheer van betonnen drinkwaterconstructies' [12] (2005);
- De 'Hygiëncode Drinkwater; Opslag, transport en distributie' [18] (2002, recent geactualiseerd tot [7]);
- Verder is er nog gebruik gemaakt van door drinkwaterbedrijven aangereikte documenten van diverse aard (soms gedateerd).

---

<sup>1</sup> N.B. Strikt formeel gezien, moeten deze reservoirs niet worden verward met hoog- of hogergelegen en laag- of lagergelegen hoog- en laagreservoirs. In de literatuur [6] wordt echter de volgende omschrijving gegeven: 'In heuvelachtige gebieden worden soms hoogreservoirs toegepast. Dit zijn reservoirs voor productieafolking, die vanwege hun hoogteligging functioneren als een zeer grote watertoren. De reservoirs zijn gebouwd op een heuvel, en kunnen daardoor op goedkope wijze toch een grote inhoud hebben. De voeding van het reservoir vindt plaats via het distributienet.'

De NEN 1006 [5] heeft betrekking op drinkwaterinstallaties (waarvan de Waterwerkbladen [4] als nadere uitwerking worden gezien) en wordt expliciet genoemd in het Waterleidingbesluit [2], waarmee de norm een wettelijk kader heeft [21]. Ondanks het feit dat de norm en de Waterwerkbladen betrekking hebben op drinkwaterinstallaties blijken de Waterwerkbladen toch (ook) informatie te bevatten die bruikbaar is voor de openbare drinkwatervoorziening. Om die reden zijn die ook bij de ontwikkeling van de onderhavige richtlijn betrokken.

Met het onderhavige document is beoogd (mede op basis van deze vier documenten) op nationaal niveau een compleet beeld samen te stellen van alle voor drinkwaterreservoirs relevante aspecten. Hoewel dat zo veel mogelijk is beperkt, is een bepaalde overlap tussen de verschillende vigerende documenten niet te voorkomen. De geactualiseerde versie van de 'Hygiëncode Drinkwater; Opslag, transport en distributie' [7] heeft (zoals uit de ondertitel blijkt) onder andere betrekking op 'opslag'. In hoofdstuk 6 van dat document is vastgelegd dat de delen die op opslag betrekking hebben met de vaststelling van het onderhavige document komen te vervallen.

Met name voor hoofdstuk 2 'Dimensionering van reservoirs' is gebruik gemaakt van het WML-rapport 'Definitie en ontwerprichtlijnen reinwaterberging' [25].

Bij de totstandkoming van dit document is ook het boek 'Drinkwater - principes en praktijk' [6] gebruikt als informatiebron. Het ging daarbij vooral om de onderdelen 'Drinkwater in Nederland' en 'Technische facetten drinkwater'.

#### *Leeswijzer*

In hoofdstuk 2 wordt de dimensionering van drinkwaterreservoirs beschreven. Enkele algemene aspecten van die reservoirs komen aan de orde in hoofdstuk 3. Vervolgens worden in hoofdstuk 4 de functionele aspecten daarvan breedvoerig geëvalueerd. De realisatie van drinkwaterreservoirs is het onderwerp dat in hoofdstuk 5 wordt besproken. Voor de operationele aspecten en het assetmanagement van de reservoirs gebeurt dat in hoofdstuk 6 respectievelijk hoofdstuk 7.

## 2 Dimensionering van productiereservoirs

### 2.1 Inleiding

De functie van een reservoir in de drinkwaterproductie is in principe tweeledig:

- Bufferen van de schommelingen in de vraag naar drinkwater teneinde de productiecapaciteit optimaal te kunnen benutten;
- Voorraadvorming voor bijzondere omstandigheden ([6]: *'een minimale berginginhoud voor onverwachte omstandigheden'*) om een periode van lagere of zelfs geen productie te kunnen opvangen, of een situatie met verhoogde vraag als gevolg van bijvoorbeeld een leidingbreuk.

Van oudsher bestaan deze functies naast elkaar, waarbij de nadruk vooral heeft gelegen op de voorraadvorming om calamiteiten te kunnen opvangen. Het bufferen van de schommelingen in de vraag krijgt echter steeds meer aandacht vanwege de mogelijkheden om het productieproces zoveel mogelijk constant te kunnen bedienen. Inmiddels is gebleken dat schakelingen in het productievolume een negatieve invloed kunnen hebben op de kwaliteit van het geproduceerde drinkwater.

In dit hoofdstuk zal op beide aspecten nader worden ingegaan, waarbij voor ieder geval een definitie zal worden gemaakt voor een ontwerpcriterium. Volumestromen worden hierbij zoveel mogelijk uitgedrukt in een dimensieloze grootheid, namelijk de vermenigvuldigingsfactor ten opzichte van een uurgemiddelde over langere tijd.

#### *Opmerking*

Ook in de Waterwerkbladen [4] is een berekeningsmethode opgenomen voor reservoirs (WB 2.1 D 'Berekeningsmethode voor waterreservoirs'). Die methode heeft betrekking op reservoirs in drinkwaterinstallaties en is een betrekkelijk eenvoudige berekening waarbij het doel is om de leveringscapaciteit van een aanvoerleiding maximaal te benutten als deze capaciteit lager is dan de maximale momentane vraag.

### 2.2 Voorraadvorming bijzondere omstandigheden

Het doel van voorraadvorming is om een periode van verminderde productie of uitvallen van productie te kunnen overbruggen. Er is echter ook voorraadvorming nodig om ten tijde van een hogere vraag te kunnen leveren.

#### 2.2.1 Verhoogde vraag

De meest ingrijpende verhoogde vraag is in het geval van een grote leidingbreuk. Door de breuk stroomt veel water weg, waardoor de druk in het net wordt verlaagd. Er wordt als het ware een hele grote vraag gecreëerd als gevolg van de breuk. Door het hogere verbruik zal 'bovenstrooms' van het lek een grotere weerstand optreden, waardoor de druk daalt. 'Benedenstrooms' van het lek zal door de lage druk bij het lek zelf (slechts enkele meters boven maaiveld, afhankelijk van de uitstroomweerstand van het lek) een nog lagere druk heersen. Ondanks de grote hoeveelheden waterverlies is de automatische bedrijfsvoering zo ingesteld dat toch zal worden getracht om zoveel mogelijk druk te blijven leveren met het doel te voorkomen dat het leidingnet over grotere gebieden volledig drukloos wordt, met alle kans op microbiologische of andere verontreiniging.

Dit hogere verbruik kan worden uitgedrukt in een extra volumestroom gedurende een bepaalde tijd. De extra volumestroom kan bijvoorbeeld worden uitgedrukt in een factor maal het gemiddelde uurverbruik, bijvoorbeeld een volumestroom die twee maal zo groot is als de vraag op een gemiddeld uur. Deze extra vraag treedt gedurende een bepaalde tijd op, namelijk de tijd die nodig is om het lek te isoleren door middel van het dichtdraaien van afsluiters. Een breuk kan op ieder willekeurig moment optreden, dus de extra voorraad moet ook op ieder willekeurig moment beschikbaar zijn.

### **2.2.2 Verlaagde of ontbrekende productie**

Verlaagde productie kan in de reguliere bedrijfsvoering optreden als bijvoorbeeld een filter wordt teruggespoeld of omdat een gedeelte van de productiecapaciteit (kortstondig) in onderhoud wordt genomen. In dit soort gevallen gaat het om een geplande actie en dat kan worden meegenomen in de planning van de productie.

De maatgevende calamiteit is als de productie in het geheel uitvalt. Voor de voorraadvorming kan dit worden vertaald in een aantal uren vraag, die in voorraad moet worden gehouden. Het aantal uur is dan gelijk aan de tijd die nodig is om de productie weer op gang te krijgen dan wel een alternatief voor de uitgevallen productiecapaciteit te kunnen regelen. Een alternatief kan bijvoorbeeld een steunlevering zijn aan het drinkwaterreservoir of direct aan het leidingnet in het betreffende voorzieningsgebied. De benodigde voorraadvorming of buffering is niet constant, maar afhankelijk van het tijdstip waarop de calamiteit optreedt. Dit betekent bijvoorbeeld dat als een productie-uitval in de nacht optreedt er minder voorraad hoeft te zijn dan als de storing gedurende de dag optreedt.

Er wordt van uitgegaan dat de maatgevende tijd die het duurt om de productie (of een steunlevering) weer op gang te brengen een  $X$  aantal uur bedraagt. Voor de berekening van het reservoirvolume wordt als criterium een aantal uren uitval gesteld.

### **2.2.3 Reguliere voorraadvorming**

Naast de bijzondere situaties dient er ook voldoende voorraad te zijn om de basisfunctie te vervullen, namelijk het gelijkmatig laten functioneren van de zuivering. Als uitgangspunt wordt hiervoor genomen dat er 1 maal per 24 uur wordt geschakeld met het productievolume. De schatting voor het productievolume is uiteraard afhankelijk van de nauwkeurigheid waarmee het totale verbruik voor de komende 24 uur kan worden voorspeld. Hiervoor kunnen verschillende statistische methoden worden toegepast.

## **2.3 Uitgangspunten berekening reservoirvolume**

Het totale reservoirvolume bestaat uit het effectieve reservoirvolume en een bedrijfsmatige marge. Het effectieve reservoirvolume is het volume dat noodzakelijk is om de verschillende functies van een reservoir te kunnen vervullen. Dat is de voorraadvorming voor de gewone bedrijfsvoering en de voorraadvorming voor de beide bijzondere omstandigheden casu quo productie- of distributiecalamiteit. De bedrijfsmatige marge bestaat uit een veiligheidsmarge die gehanteerd wordt om de bedrijfsvoering mogelijk te maken. Dit zijn de zogenaamde laagwater- en hoogwater-waarschuwingen. Als het reservoirniveau beneden of boven dat niveau komt, moet er worden ingegrepen, omdat in de normale bedrijfsvoering deze niveaus niet zullen worden bereikt. Als het niveau op een van tevoren voorspeld moment optreedt (bijvoorbeeld als het reservoir maximaal moet worden gevuld of aan het einde van een calamiteit als het reservoir bijna leeg is) is er geen directe reden om in te grijpen. Is het een onverwacht moment, dan moet er worden gekeken wat er aan de hand is. Een volgend alarm kan zijn een niveau waarna pompen lucht kunnen gaan aanzuigen en er dus ingegrepen moet gaan worden. In deze paragraaf worden beide reservoirvolumina nader bekeken.

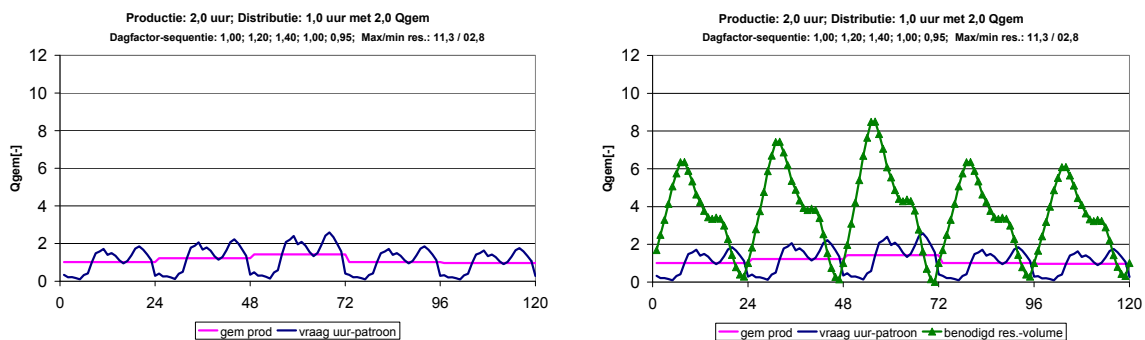
### **2.3.1 Effectief reservoirvolume**

Het effectieve reservoirvolume kan ook wel worden beschouwd als het 'adem-volume'. Het adem-volume is per dag verschillend en hangt af van het voorspelde vraagpatroon, zowel voor wat betreft het totaalvolume als de verdeling over de tijd. Voor het ontwerp van het effectieve reservoirvolume wordt uitgegaan van een maximale representatieve vraagsituatie. De overige eisen zijn:

- het productievolume is constant over 24 uur;
- de productiecalamiteit is  $X$  uur (in het voorbeeld dat wordt uitgewerkt, is dit 2 uur);  
De calamiteit houdt in dat de productie geheel uitvalt en na  $X$  uur is er weer een zekere productiecapaciteit beschikbaar;
- de distributiecalamiteit vraagt  $Y$  maal de gemiddelde uurvraag gedurende  $Z$  uur, waarbij  $Y$  en  $Z$  willekeurige getallen kunnen zijn (in het voorbeeld dat wordt uitgewerkt, 'vraagt' de distributiecalamiteit gedurende 1,0 ( $Z$ ) uur een volumestroom van 2,0 ( $Y$ ) maal de gemiddelde vraag);
- De productie- of distributiecalamiteit treden niet gezamenlijk op.

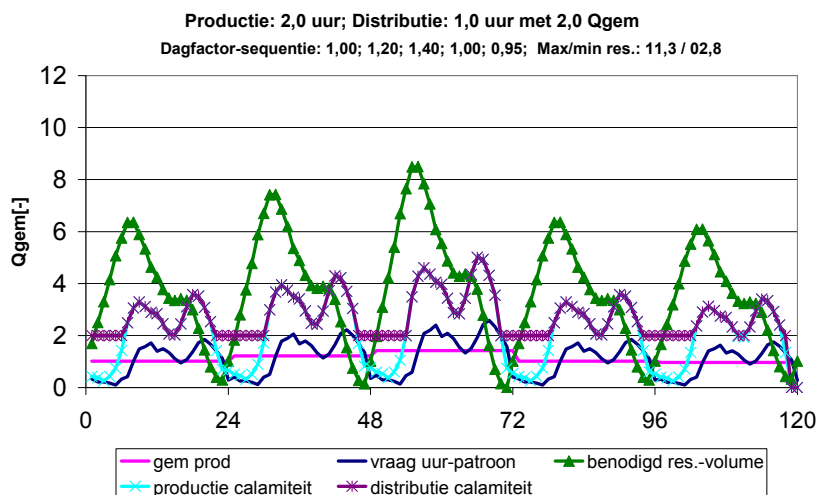
Om de effecten van deze uitgangspunten voor het ontwerp van het effectieve reservoirvolume te demonstreren, is een spreadsheet gemaakt (zie bijlage I). De berekening die hierin wordt gemaakt, vindt plaats over een periode van vijf dagen met verschillend dagpatroon. Alle volume-eenheden worden uitgedrukt in een gemiddelde uurvraag in een jaar.

In figuur 1 wordt in de linker grafiek een 'klassiek' vraagpatroon weergegeven over vijf dagen met een gelijkvormig patroon, maar met verschillende dagfactor (1,0; 1,2; 1,4; 1,0; 0,95) en daarbij de gemiddelde productie die voldoende is om deze vraag te 'dekken'. Op de verticale as staan de factoren die de volumestroom aangeven ten opzicht van het 'jaar-uur-gemiddelde' (= totale jaarproductie/(365 \* 24) m<sup>3</sup>/h). De horizontale as geeft de uren aan gedurende vijf opeenvolgende dagen. De volumestroom wordt dus uitgedrukt met als eenheid de gemiddelde uurvraag op jaarbasis. In de rechtergrafiek is het reservoirvolume weergegeven dat het gevolg hiervan is. Dit is dan de reguliere voorraadvorming die noodzakelijk is om het vraagpatroon met een constante productie over 24 uur te kunnen dekken. Het maximale reservoirvolume is 8,2 maal de gemiddelde uur-jaar-vraag.



Figuur 1 Links het vraagpatroon over vijf dagen; grafiek rechts geeft het reservoirvolume behorende bij een dekking van het vraagpatroon met de gemiddelde dagproductie.

In figuur 2 is vervolgens de bijzondere voorraadvorming voor de dekking van de calamiteiten weergegeven. De benodigde voorraad voor de productiecalamiteit (twee productie-uren vallen uit) is flexibel. De voorraadvorming voor de distributiecalamiteit is constant en in dit geval gelijk aan twee maal de gemiddelde uur-jaar-vraag.

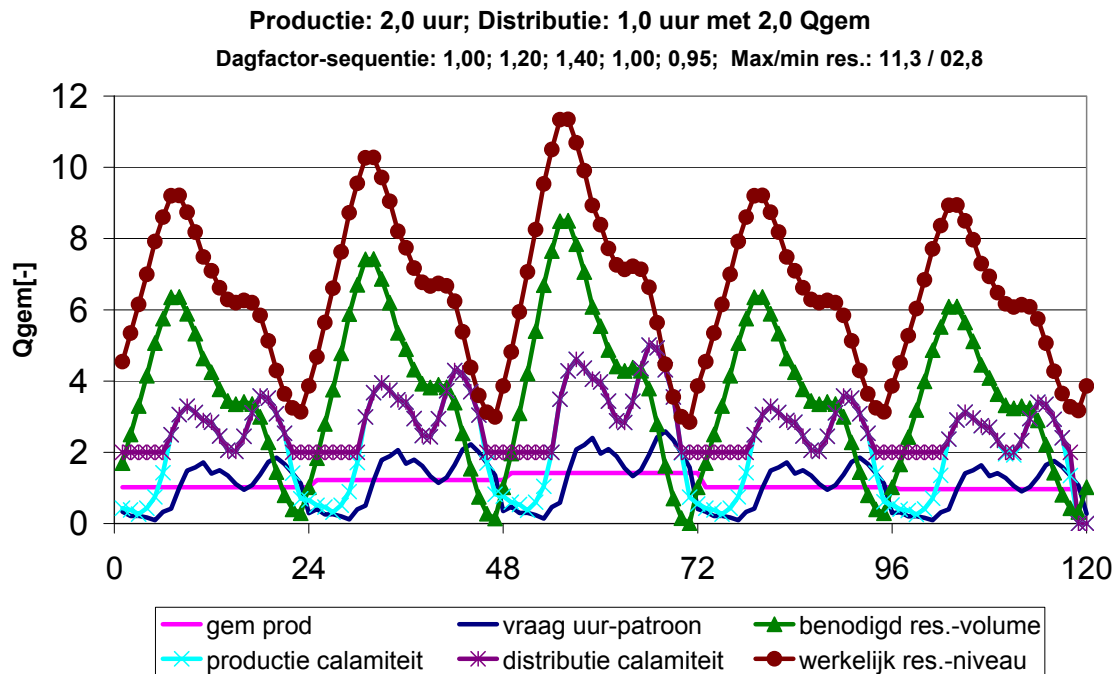


Figuur 2 De voorraadvorming voor productie- en distributiecalamiteiten toegevoegd.

In de nachturen is de voorraadvorming voor de distributiecalamiteit maatgevend; in de daguren is de productiecalamiteit maatgevend. Beide calamiteiten vinden per definitie niet tegelijkertijd plaats. Het

blijkt dat met name in de middaguren en in de vroege avonduren de benodigde voorraad voor de bijzondere calamiteiten hoger is dan de reguliere voorraadvorming. Om te blijven voldoen aan de eis dat er niet geschakeld wordt met het productievolume, moet de curve voor de reguliere voorraadvorming als het ware 'opgetild' worden, zodanig dat die juist raakt aan de noodzakelijke voorraadvorming voor calamiteiten.

In figuur 3 wordt het resultaat van die berekening weergegeven.



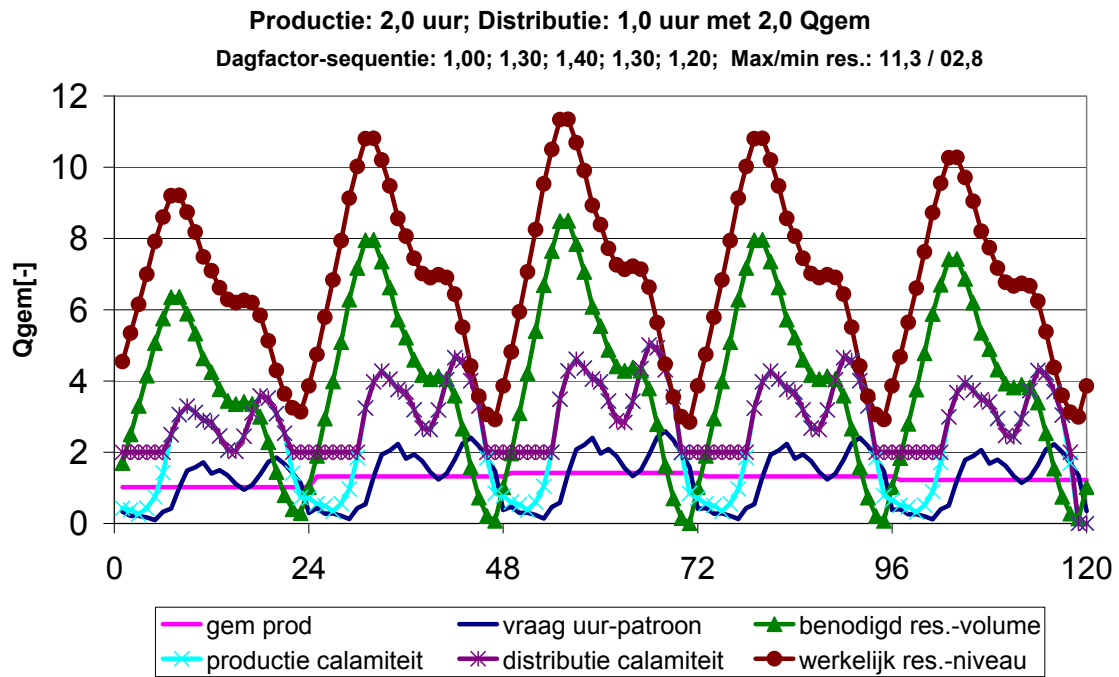
Figuur 3 Resultaten berekening effectief reservoirvolume.

De vergelijking tussen de ideale 'buffering' (niveau in het reservoir) om de productie vlak te laten draaien (groene lijn) en de minimaal benodigde hoeveelheid om de maatgevende calamiteit op te vangen, laat zien dat het noodzakelijk is om een combinatie te maken. In de nachtelijke uren is namelijk niet voldoende voorraad aanwezig om een calamiteit op te vangen.

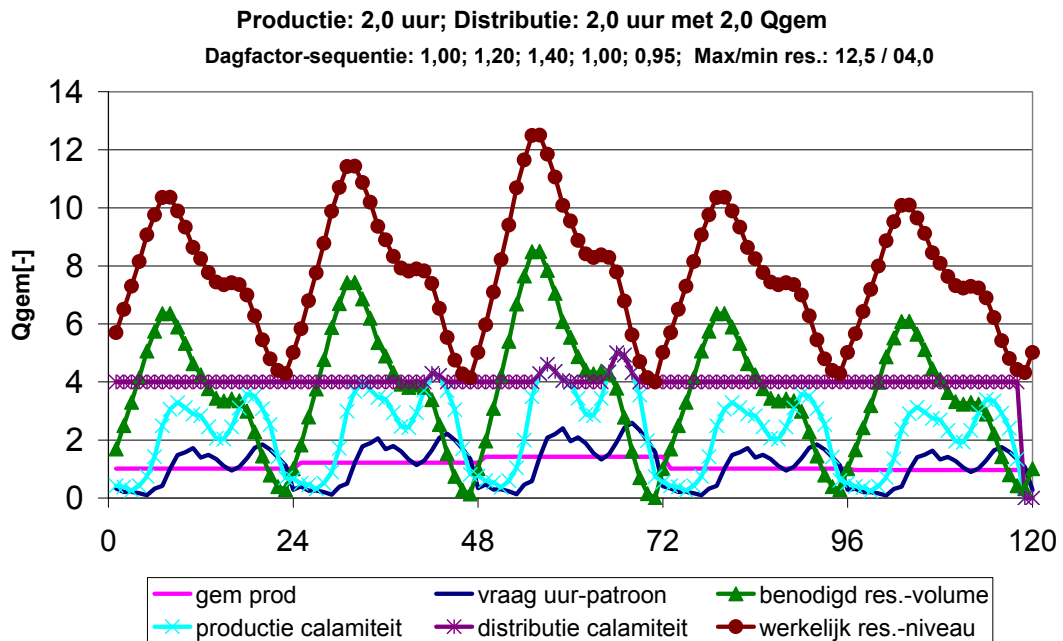
Het uiteindelijke reservoirniveau wordt verkregen door de buffering voor de afvlakking van de productie zodanig 'op te tillen' dat die zich altijd boven de minimaal benodigde voorraad voor de calamiteit bevindt. De vorm van de lijn in de tijd blijft gelijk om aan de randvoorwaarde te blijven voldoen dat de productie over de dag constant blijft. Het maximale reservoirniveau bedraagt dan 11,3 maal het jaar-uur-gemiddelde en het minimale niveau is 2,8 maal dat gemiddelde.

### 2.3.2 Diverse benaderingen om het reservoirniveau te berekenen

In de figuren 4 tot en met 6 zijn verschillende strategieën of scenario's geëvalueerd om het reservoirniveau te bepalen.

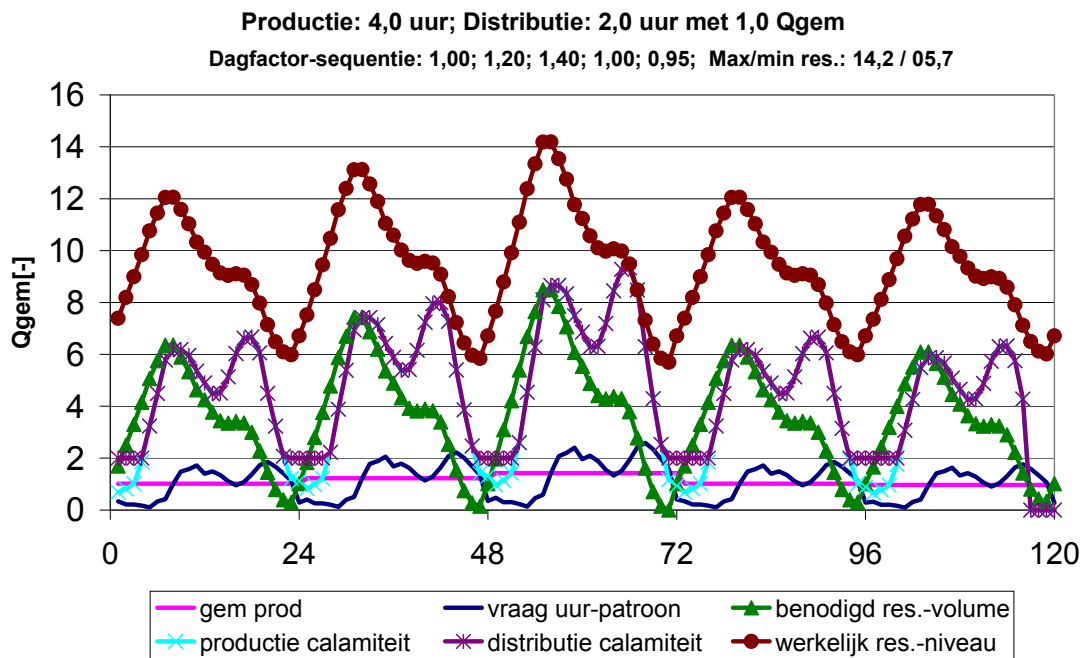


Figuur 4 Scenario met meerdere opeenvolgende dagen met hoog verbruik. Dit blijkt weinig uit te maken voor het maximale en minimale reservoirniveau.



Figuur 5 Scenario met een grotere distributiecalamiteit (2 uur met 2 maal Qgem). Dit heeft een effect op de reservoirniveaus. Het blijkt dat een dergelijke distributiecalamiteit nagenoeg altijd maatgevend is.





Figuur 6 Effect van een langere uitval van de productie. Hierdoor wordt een productiecalamiteit maatgevend en wordt ook de maximale en minimale reservoirvulling sterk beïnvloed.

## 2.4 Conclusie

Het benodigde reservoirvolume is in principe dynamisch en wordt bepaald door de combinatie van de eisen aan de constante productie en de verschillende op te vangen calamiteiten. De dagelijkse minimale en maximale reservoirvolumina zijn afhankelijk van de voorspelde dagvraag en daarmee ook dynamisch. Op basis van de voorspelde dagvraag in combinatie met de maatgevende (productie- of distributie)calamiteit is de niveauregeling van het reservoir te bepalen.

### 3 Algemene aspecten

#### *Leveringszekerheid*

Het begrip 'Leveringszekerheid' wordt in de VEWIN-publicatie 'Aanbevelingen voor de leveringszekerheid van drinkwatersystemen' [26] nader gedefinieerd. Deze definities zijn volledig overgenomen in het Drinkwaterbesluit [3].

In de leveringszekerheidsanalyse spelen reservoirs op twee manieren een rol. Ten eerste is een reservoir een element dat kan uitvallen, bijvoorbeeld door een ernstige verontreiniging of een ander falen. Als een reservoir als één geheel is uitgevoerd, zal de bergingsfunctie in zijn geheel wegvallen. In het geval van een uitvoering in meerdere elementen, dan zal uitsluitend het maatgevende (grootste) element uitvallen. Volgens de definitie van leveringszekerheid wordt geen rekening gehouden met het optreden van meerdere calamiteiten tegelijkertijd. Tijdens de uitval van een reservoir dient het gehele systeem te voldoen aan de eisen die worden gesteld aan de leveringszekerheid.

In de leveringszekerheidsanalyse speelt een reservoir verder geen bijzondere rol, omdat de analyse plaatsvindt over 24 uur. De 'calamiteitenvoorraad' (in dit verband is dat eigenlijk een verkeerde term, formeel is het binnen het definitiekader van de publicatie over leveringszekerheid een 'storingenvoorraad') om uitval van productie op te vangen of om aan de extra vraag bij leidingbreuk te voldoen, vindt binnen die 24 uur plaats.

#### *Bedrijfszekerheid*

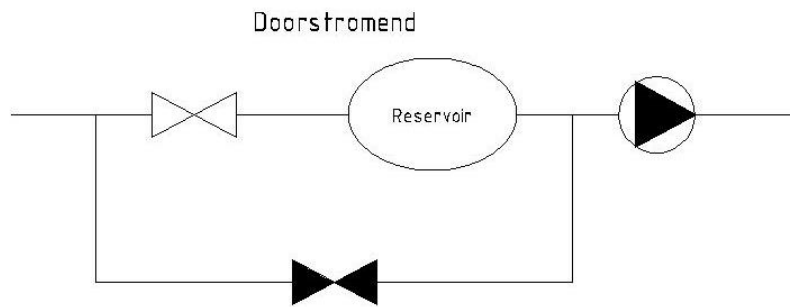
De integriteit van drinkwaterreservoirs is kritisch, zoals is gebleken uit een aantal incidenten in het verleden waarbij het binnendringen van verontreinigd regenwater een probleem was.

In het ontwerp dient rekening te worden gehouden met beheer en onderhoud van onderdelen van het systeem om aan de vereiste bedrijfszekerheid te voldoen. In dat verband wordt de aanbeveling gedaan om opslagcapaciteit in de vorm van meerdere afzonderlijke reservoirs (ten minste twee) of compartimenten te realiseren, in verband met onderhoudswerk en eventuele calamiteiten. Hierbij kan worden gedacht aan dubbele afsluiters<sup>2</sup> (of steekflenzen plaatsen in verband met veilig werken in een reservoir) en ook aan de mogelijkheid van het volledig kunnen scheiden van het be- en ontluchtingssysteem.

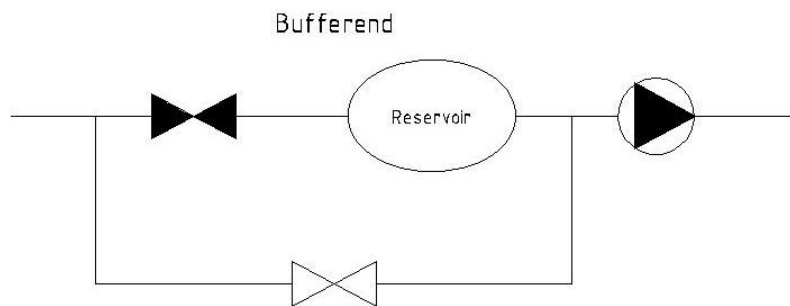
Ook een bypass over een reservoir verhoogt de bedrijfszekerheid (zie figuur 7a en 7b). In bijzondere situaties kan hiervan gebruik worden gemaakt: normaliter wordt een reservoir 'doorstromend' gebruikt in verband met de waterkwaliteit, maar zo nodig kan dat 'bufferend' gebeuren.

---

<sup>2</sup> Dit is noodzakelijk in verband met hygiënisch werken en Arbo.



*Figuur 7a*      *Het 'doorstromend' gebruik van een reservoir.*



*Figuur 7b*      *Het 'bufferend' gebruik van een reservoir.*

Aanbevolen wordt de dakconstructie minder gevoelig te maken voor de vorming van plassen en het eventueel binnendringen van (verontreinigd) regenwater. Een 'zelfafwaterend' dak heeft de voorkeur. Mangaten kunnen daarbij een aandachtspunt zijn.

In § 3.5.5 'Dek' van de 'Richtlijn voor de realisatie van betonnen drinkwaterconstructies' [9] wordt grond als 'uitermate geschikt afdek materiaal' genoemd voor uitpandige dekken, 'mits deze geen diepwortelende planten en/of bomen bevat'. Daarbij wordt cellulair glas als geschikt materiaal tegen wortelgroei genoemd. Er blijken ook goede ervaringen te zijn met de combinatie van kunststof dakbedekking met daarop worteldoek en een laag zand (zie figuur 8) met vegetatie (bijvoorbeeld sedum, kruiden of gras). Dergelijke daken hebben enerzijds een isolerende werking en beschermen de dakbedekking tegen UV. Anderzijds is het bij dergelijke daken echter lastiger om eventuele lekkages op te sporen, waarmee het een bedreiging is voor de bedrijfszekerheid.



*Figuur 8 Dakbedekking van een drinkwaterreservoir.*

#### *Locatie*

Door op een zo groot mogelijke NAP-hoogte te bouwen, wordt de bedrijfszekerheid verhoogd, omdat de kans op hinder van eventuele overstromingen wordt beperkt/voorkomen. Iets vergelijkbaars geldt voor de keuze van de locatie voor een reservoir in een voorzieningsgebied.

Rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) brengen aërosolen met micro-organismen in de lucht, vooral als de beluchting niet is overdekt. Voor nabijgelegen drinkwaterinstallaties vormt dat een potentieel besmettingsrisico [32], zodat die situatie vanuit het oogpunt van bedrijfszekerheid ongewenst is. Het is echter mogelijk dat in de omgeving van een bestaand drinkwaterreservoir in tweede instantie een RWZI wordt gevestigd. Gezien de ontwikkelingen op het gebied van de waterketen moet er rekening worden gehouden dat dergelijke combinaties in de toekomst steeds meer werkelijkheid gaan worden. Voor het tegenhouden van bacteriën en virussen wordt aanbevolen 'absoluutfilters' (ook aangeduid als 'zweefstoffilters' of 'HEPA-filters') van het type H13 toe te passen [33].

Ook de realisatie van een reservoir boven de hoogste grondwaterstand verhoogt de bedrijfszekerheid, als preventieve maatregel tegen instromend grondwater.

Zie ook § 3.3 'Aanlegniveau' van de 'Richtlijn voor de realisatie van betonnen drinkwaterconstructies' [9].

#### *Opdrijven*

Voor in de bodem gebouwde betonnen reservoirs bestaat de kans op opdrijven bij een laag niveau drinkwater in het reservoir in combinatie met een relatief hoge grondwaterstand. In het geval een reservoir in het grondwater wordt gebouwd, wordt daarom de aanbeveling gedaan het reservoir te verankeren.

Zie ook § 3.6.3 'Opdrijving' van de 'Richtlijn voor de realisatie van betonnen drinkwaterconstructies' [9].

#### *Energieverbruik*

Het realiseren van meerdere geschakelde reservoirs in een voorzieningsgebied op ongeveer gelijke NAP-hoogte impliceert een beperking van de exploitatiekosten als gevolg van energiebesparing.

# 4 Programma van functionele aspecten

## 4.1 Inleiding

Het gaat in dit hoofdstuk over voor de bedrijfsvoering relevante functionele aspecten of richtlijnen die in de ontwerpfase van een reservoir al van belang zijn, zodat de opslag van drinkwater (de eigenlijke opslag en alles wat daarmee samenhangt) onder hygiënische omstandigheden kan plaatsvinden en wordt voorkomen dat de samenstelling van het water in ongunstige zin wordt gewijzigd. Deels komen die aspecten voor in bestaande documenten die in meer of mindere mate 'bindend' zijn [4, 7, 9, 12]. In dit hoofdstuk zijn de opbrengsten samengevat van een inventarisatie van beschikbare literatuur met betrekking tot reservoirs. Een en ander is zo veel als mogelijk geconcretiseerd en er is naar gestreefd actueel en uitputtend te zijn.

De aanbevelingen ten behoeve van de bouw en inrichting van reservoirs kunnen globaal in twee categorieën worden ingedeeld. Tot de eerste categorie behoren de maatregelen ter voorkoming van het binnendringen van verontreinigingen van buitenaf, dat wil zeggen maatregelen ten opzichte van dichtheid en afsluiting (zie § 4.2). De tweede categorie wordt gevormd door overige maatregelen, gericht op het handhaven van een in hygiënisch opzicht optimale toestand van het opgeslagen water (zie § 4.3). In § 4.4 wordt ingegaan op voorzieningen voor monsterneming. De afvoer van afvalwater van reiniging (verder aan te duiden als 'reinigingswater') komt in § 4.5 aan de orde.

Naast deze randvoorwaarden is er nog een minder goed te kwantificeren effect als 'hydraulisch vormgeven'. Daarmee wordt bedoeld dat ieder uitvoeringsdetail zou moeten worden bekeken op het volgen van hydraulische stroomlijnen. In principe is iedere scherpe hoek in een watervoerende constructie een potentiële verzamelplaats van sediment met daaraan gekoppelde mogelijke nagroeiproblemen. Het vóórkomen van deze hydraulisch 'dode' punten dient dus te worden voorkómen ('hygiënisch ontwerpen').

## 4.2 Maatregelen tegen invloeden van buitenaf

### 4.2.1 Afsluitbaarheid

Reservoirs dienen goed te zijn afgesloten in verband met:

- Weersinvloeden;
- Het binnendringen van verontreinigingen door grondwater: de dichtheid of maximum scheurbreedte in het beton moet worden beperkt);
- Het binnendringen van verontreinigingen door verontreinigde lucht;
- Het binnendringen van verontreinigingen door plaatselijke fauna zoals kleine zoogdieren (muizen, ratten), vogels, insecten en ander ongedierte;
- Mensen (vandalisme en terrorisme).

Voor de laatste drie punten is het afsluiten van de voor de bedrijfsvoering noodzakelijke openingen als overstorten, be- en ontluchtingskanalen, leegloopriolen, overstorten en toegangen van belang.

Het terrein van een reservoir moet op een effectieve wijze worden omheind. De poort en toegangshekken van het terrein, en alle toegangsdeuren (van de gebouwen) en -luiken moeten worden voorzien van deugdelijk hang- en sluitwerk. Het terrein en de verschillende ruimten van de gebouwen kunnen elektronisch worden bewaakt waardoor de gevolgen van vandalisme en wellicht ook terrorisme (zie VEWIN-rapport 'Aanbevelingen "Goed Huisvaderschap"' [10] naar aanleiding van het project 'Benewater') zo veel mogelijk kunnen worden beperkt. Maatregelen in verband met terrorisme zijn niet bedoeld om een mogelijke aanslag te voorkomen, maar om het effect ervan te beperken (tijdige signalering, automatische afschakeling pompen en dergelijke).

Op de voor de bedrijfsvoering noodzakelijke openingen wordt in het onderstaande nog nader ingegaan.

#### 4.2.2 Toegankelijkheid

Een reservoir moet adequaat en eenvoudig toegankelijk zijn ten behoeve van inspectie en reiniging. De kleinste afmeting van mangaten bedraagt 600 mm (eis vanuit Arbo [19]). Dat kan zijn in ronde vorm (minimale diameter is dan 600 mm) of in vierkante vorm (afmetingen dan ten minste 600 \* 600 mm). Voor inspectiegaten gelden geen minimale maatvoeringen. Een klein luik ten behoeve van visuele controle kan voldoende zijn.

Inspectie- en mangaten dienen zo te zijn geconstrueerd dat bij het openen of sluiten geen vuil in het reservoir terecht kan komen. Dit is mogelijk door middel van een opstaande rand om een dergelijke opening (voor een principeschets wordt verwezen naar Waterwerkblad [4] WB 4.1 'Reservoirs voor de voeding van een drinkwaterinstallatie', onderdeel 10.4).

De toegang tot elk compartiment wordt bij voorkeur in een schone ruimte geplaatst, bijvoorbeeld een voorruimte. Er wordt gebruik gemaakt van waterdichte deuren van chroomnikkelmolybdeenstaal (bijvoorbeeld AISI 316/DIN 1.4401), die tegen de waterdruk in worden geopend (figuur 9).



Figuur 9 Waterdichte deuren in een drinkwaterreservoir.

In het geval een vaste trap met bordes in het reservoir nodig is, dient die trap eveneens van chroomnikkelmolybdeenstaal te zijn (figuur 10).



Figuur 10      *Roestvaststalen trap in een drinkwaterreservoir.*

#### **4.2.3 Ont- en beluchting**

Een reservoir moet 'ademen': bij het vullen zal lucht moeten kunnen verdwijnen en bij het onttrekken van water zal lucht moeten kunnen toetreden. In het laatste geval mag dat niet rechtstreeks maar moet deze lucht worden gefiltreerd. Stofdeeltjes kunnen namelijk bij gebruik van het reservoir voor bacteriologische verontreiniging van het drinkwater zorgen. Drinkwaterreservoirs moeten daarom zijn voorzien van be- en ontluchtingen in de vorm van filters die zo zijn geconstrueerd dat onder alle omstandigheden de atmosferische druk in het reservoir wordt gehandhaafd. Voor die (veelal speciale) luchtfilters gelden de volgende randvoorwaarden:

- De filters moeten bestand zijn tegen voortdurend contact met vochtige lucht;
- De filters moeten zelfs niet passeerbaar zijn voor kleine insecten;
- Een filter moet van voldoende capaciteit zijn, zodat voldoende lucht kan toestromen en ontwijken en er nagenoeg geen over- of onderdruk in het reservoir kan optreden. Bij wateronttrekking uit het reservoir of bij vulling hiervan met de maximale volumestroom mag het drukverschil tussen reservoir en buitenlucht niet meer dan 400 Pa (4 cm wk) bedragen (zie ook § 3.6.4 'Onder- en overdruk' van [9]);
- Het verdient aanbeveling om een signalering aan te brengen in verband met een te grote filterweerstand, omdat rekening moet worden gehouden met de mogelijkheid dat filters in winterse periodes dicht kunnen vriezen;



- In verband met vervanging bevinden de filters zich niet direct boven het drinkwater, maar boven de overstort of in de voorruimte. De voorruimte heeft de voorkeur, zodat er geen rechtstreeks contact is met de buitenlucht;
- Filters zijn voorzien van een breekplaat met een alarmcontact;
- Eventuele leidingen in het reservoir ten behoeve van de ont- en beluchting moeten worden uitgevoerd in chroomnikkelmolybdeenstaal (bijvoorbeeld AISI 316/DIN 1.4401);
- Voor wat betreft het filtertype geeft het Ministerie van VROM aan [33] dat het onvoldoende is om lucht te filteren met vliegengaas of met 'grofstoffilters'. De lucht moet worden gefilterd met ten minste 'fijnstoffilters', die effectief zijn voor deeltjes van 1 µm. De volgende typen fijnstoffilter worden onderscheiden (met voorbeeld(en) van verwijderde deeltjes):
  - F5 (sporen, fijn cementstof);
  - F6 (grotere bacteriën, ziektekiemen op PM10);
  - F7 (roet in agglomeraten);
  - F9 (ruwe fractie tabaksrook, bacteriën).

Bij de precieze keuze moet rekening worden gehouden met lokale omstandigheden zoals emissies vanaf snelwegen (fijnstof), de aanwezigheid van industrieterreinen met de aard van de industrieën en het uitrijden van mest (hierbij wordt ook verwezen naar hoofdstuk 3, het gedeelte over RWZI's). In verband met calamiteiten of terroristische aanslagen wordt de aanbeveling gedaan 'absoluutfilters' van het type H13 toe te passen of (bij de toepassing van andere filters) in ieder geval in voorraad te houden.

De ont- en beluchtingsopeningen in het reservoir moeten hoger dan de vulleiding zijn aangebracht.

#### **4.2.4 Vul- of toevoerleiding**

De uitstroomopening van de toevoerleiding voor het vullen van het reservoir moet zó boven het hoogst mogelijke waterniveau in het reservoir zijn gelegen, dat geen water uit het reservoir in de toevoerleiding kan komen.

De plaats van de vul- of toevoerleiding kan op twee manieren worden benaderd:

- De toevoerleiding wordt niet door het in het reservoir aanwezige water gevoerd. Daardoor zouden plaatsen ontstaan, die bij schoonmaken moeilijker bereikbaar zijn (ook een voorbeeld van hygiënisch ontwerpen, zie § 4.1).
- In verband met het voorkomen van eventuele terugstroming is de aanwezigheid van een onderbreking in de vorm van een stijgbuis gewenst.

Vooraf voor ondergrondse reservoirs kan het eerste punt een probleem zijn in verband met ontbrekende fysieke ruimte buiten het reservoir. Bij hoogwaterreservoirs is het niet door het reservoir voeren van de toevoerleiding betrekkelijk eenvoudig te realiseren. In het geval er wordt gekozen voor obstakels (bijvoorbeeld de toevoerleiding) door een reservoir, dan moet een en ander 'hydraulisch vloeiend' worden afgewerkt.

De vulinrichting en de uitstroomopening van de toevoerleiding in het reservoir moeten voor inspectie en reparatie gemakkelijk bereikbaar zijn.

De toevoerleiding mag niet uitmonden in de nabijheid van de zuigmond van de zuigleiding naar de pompinstallatie. Dit om te voorkomen dat tijdens het vullen lucht wordt meegevoerd met de pompen waardoor die onbruikbaar kunnen worden.

Bij de constructie en plaats van de uitloop van de toevoerleiding en die van de zuigmond van de zuigleiding moet ervoor worden gezorgd, dat een goede doorstroming van het water in het reservoir wordt verkregen (zie § 6.3.1).

#### **4.2.5 Zuigkuil en -leiding**

De toepassing van een zuigkuil (figuur 11) wordt aanbevolen. De afmetingen daarvan (lengte en breedte) zijn afhankelijk van de watersnelheid, maar moeten praktisch zijn in verband met de realisatie daarvan. Voor wat betreft de diepte moet de zuigleiding daarin kunnen worden geplaatst.



Figuur 11 Zuigkuil met niveaumetingen.

#### **4.2.6 Overloop of overstort**

Drinkwaterreservoirs zijn voorzien van een overloop of overstort die te allen tijde moet voorkomen dat het water tegen het dak van het reservoir komt (figuur 12), zodat kwaliteitsverslechtering wordt voorkomen en wordt vermeden dat de constructie kapot gaat door onder- of overdruk. Het niveau van de overstort moet zich daarom juist beneden de uitstroomopening van de toevoerleiding bevinden. Door het vóórkomen van zowel hoog- als laagreservoirs is deze voorziening echter niet altijd mogelijk.



*Figuur 12 Overloop van een drinkwaterreservoir met hoogniveaumeting.*

De overloop of overstort moet een zodanige afvoermogelijkheid bezitten, dat als het reservoir met de maximale volumestroom water wordt gevuld en het water uitsluitend door de overloop of overstort wordt afgevoerd, het waterniveau in het reservoir beneden de uitstroomopening van de toevoerleiding blijft. Een reservoir moet dus zijn voorzien van een zodanige afvoer, dat de afvoervolumestroom groter is dan de grootst mogelijke toevoer.

De overstortleiding moet onder vrij verval uitkomen op een lager punt, bijvoorbeeld in een lager gelegen overstortput of op open water (boven het hoogste oppervlaktewaterpeil). Hierbij is onderscheid te maken tussen productie- en distributiereservoirs: productiereservoirs zijn doorgaans reinwaterkelders en dus laaggelegen, terwijl distributiereservoirs doorgaans hoger/hoog zijn geplaatst. Daardoor kunnen distributiereservoirs overstorten op het oppervlaktewater. Productiereservoirs storten (via de zuivering) over naar een lagergelegen gedeelte van het omliggende terrein.

De overstortleiding mag niet rechtstreeks met een afvoersysteem zijn verbonden. De leiding zou zonder bijzondere voorzieningen een rechtstreekse verbinding vormen met de buitenlucht direct boven het open water waarop wordt geloosd. Daarom is er een dubbele beveiliging nodig, namelijk een waterslot (gevuld met drinkwater) aan het begin en een rattenrooster en een scharnierende klep aan het eind. Het gebruik van een inspecteerbaar waterslot wordt aanbevolen en het dient periodiek te kunnen worden verversd of permanent met behulp van een waterstroom te worden doorstroomd. Een overstortput moet zijn voorzien van een deksel met beveiliging.

De overstortleiding moet zelfontluchtend zijn.

Het via de overloop of overstort wegstromende water moet kunnen worden waargenomen en/of gesignaleerd.

#### **4.2.7 Temperatuur**

De uitvoering van een reservoir moet zodanig zijn dat de temperatuur van het water tijdens de opslag niet te veel toeneemt, dat wil zeggen in ieder geval niet hoger wordt dan 25 °C. Verhoogde temperaturen van de lucht boven het wateroppervlak in combinatie met een stoflaagje op het water vormen ideale omstandigheden voor een explosieve bacteriegroei, met vermindering van de waterkwaliteit als gevolg.

Vooraf bij bovengrondse stalen reservoirs met oppervlaktewater als grondstof moet hieraan aandacht worden geschonken<sup>3</sup>. Isolatie van een reservoir kan hierbij in beeld komen. Ook het zo veel mogelijk beperken van de verblijftijd wordt hierbij genoemd (zie hoofdstuk 6). Er zijn geen kleurvoorschriften voor (stalen) reservoirs, maar de toepassing van een lichte kleur wordt aanbevolen (wat overigens wel weer leidt tot hogere onderhoudskosten in verband met regelmatige reiniging).

Het reservoir moet tevens gevrijwaard zijn van bevrozing; watertemperaturen lager dan 2 °C moeten worden voorkomen. Betonnen reservoirs kunnen worden geïsoleerd door middel van aanaarden, zie ook [9].

#### **4.2.8 Licht**

In verband met het effect op de microbiologie in het drinkwater moet een reservoir gevrijwaard zijn van lichtinval.

#### **4.2.9 Bewuste verontreiniging**

Er moeten maatregelen worden genomen ter voorkoming van het binnendringen van verontreinigingen van buitenaf als gevolg van vandalisme, terrorisme, inbraak, oorlogshandelingen en van nucleaire en chemierampen. Afsluitbaarheid en beveiliging van het reservoirterrein, toegangsdeuren, luiken, etc. in verband met inbraak, vandalisme en terrorisme zijn in § 4.2.1 al genoemd.

In verband met mogelijke handelingen tot bewuste verontreiniging en rampen is het goed dat er bypasses worden aangelegd, zodat reservoirs zo nodig buiten bedrijf kunnen worden gesteld (zie figuur 7b).

Maatregelen tegen terrorisme zijn vastgelegd in een niet-openbaar rapport [10].

### **4.3 Maatregelen gericht op handhaving hygiënische toestand**

#### **4.3.1 Uitvoeringsvorm**

Om een reservoir hygiënisch te kunnen onderhouden, moet de toepassing van scherpe inwendige hoeken worden voorkomen.

#### **4.3.2 Verversing**

De tijdsduur dat drinkwater in een reservoir verblijft, moet zo veel mogelijk worden beperkt, omdat de kwaliteit in de tijd achteruit kan gaan door bacteriologische groei. De gemiddelde verblijftijd van het water in een reservoir kan worden geoptimaliseerd door een type te kiezen waarbij een goede doorstroming en daarmee verversing optreedt of door middel van bouwkundige voorzieningen. Een goede doorstroming wil zeggen dat er geen plaatsen zijn, waarin het water onvoldoende deelneemt aan die doorstroming. Om een zo goed mogelijke verversing van het drinkwater in het reservoir te verkrijgen, moet de zuigleiding:

- op een zo laag mogelijk punt in het reservoir zijn aangesloten;
- op een zo groot mogelijke afstand tegenover de toevoerleiding worden aangebracht.

Ook kunnen er keerschotten worden toegepast voor het bewerkstelligen van een goede doorstroming en daardoor het zoveel mogelijk beperken van de gemiddelde verblijftijd (zie hoofdstuk 4). Dode hoeken dienen te allen tijde te worden voorkomen. Om extra verblijftijd uit te sluiten, dient het reservoir zo te zijn ontworpen dat er sprake is van propstroming (dit is afhankelijk van het vloeroppervlak en de hoogte).

#### **4.3.3 Waterniveaus**

Reservoirs moeten zijn voorzien van apparatuur voor het meten en regelen van waterstanden. Deze apparatuur moet buiten een reservoir worden aangebracht, bij voorkeur in een afsluitbare niveaokolom. Als de apparatuur in een niveaokolom wordt ondergebracht, moet deze kolom afsluitbaar en aftapbaar

---

<sup>3</sup> In deze gevallen blijken drinkwatertemperaturen van meer dan 25 °C (wettelijke grenswaarde) bij extreem warm weer niet altijd te voorkomen.

zijn. Alle op het reservoir zelf aangesloten meet- en regelapparatuur moet afzonderlijk afsluitbaar en aftapbaar zijn. Een te hoge en te lage waterstand moeten worden gesignaleerd. Bij een te lage stand moet een beveiliging worden aangebracht die de transport- of distributiepomp automatisch uitschakelt (laagreservoir). Een hoogreservoir (zonder pompen) wordt in dat geval niet afgesloten. Er zou dan in de toevoerleiding onderdruk kunnen ontstaan, waardoor via mofverbindingen of lekkages verontreinigingen kunnen worden aangezogen.

Drinkwaterreservoirs mogen tijdens de bedrijfsperiode nooit volledig leeglopen, omdat anders eventueel bezinsel vanaf de bodem kan opwoelen. In de praktijk wordt een minimale waterstand van circa 0,5 m aangehouden, maar dat is afhankelijk van de toepassing van een zuigkuil.

Voorbeelden van de verschillende niveaus en alarmeringen zijn opgenomen in bijlage III van dit document.

#### **4.4 Monsterneming**

Reservoirs moeten zijn voorzien van monsterpunten. De monsterpunten dienen op een zodanige locatie te zijn aangebracht dat representatieve monsterneming mogelijk is. Goed doorstroomde monsterpunten zijn daarbij van cruciaal belang. Leidingen daar naartoe moeten geen al te grote diameter hebben en zo kort mogelijk zijn (beperking verblijftijd). Bij voorkeur zijn in ieder geval de vul- of toevoerleiding en de zuigleiding van een reservoir voorzien van een monsterpunt. Vooral in verband met keuring (na inspectie, zie hoofdstuk 6) en calamiteiten is het handig om een reservoir op meerdere punten te kunnen bemonsteren. Monsterpunten op het reservoir zelf kunnen worden gerealiseerd via een muurdoorvoer, maar die dienen zo veel mogelijk in aantal te worden beperkt. De kranen van monsterpunten worden in de voorruimte aanbevolen, maar in het geval van ondergrondse reservoirs is dat dringend gewenst.

#### **4.5 Afvoer reinigingswater**

In verband met een snelle en volledige afvoer van reinigingswater van een reservoir in het kader van het normale schoonmaakprogramma of na onderhoudswerkzaamheden moet de vloer onder voldoende afschot worden gelegd in de richting van een zuigkuil. Eventueel kunnen verzamelgootjes worden toegepast. 'Voldoende' afschot zou minimaal 15 mm per 1.000 mm<sup>4</sup> zijn (zie ook § 3.5.2 van [9]).

De voor afvoer van het reinigingswater bestemde leiding die is aangesloten op de zuigkuil mag niet rechtstreeks met een afvoersysteem zijn verbonden. In het geval deze spui- of leegloopleiding op een riolering wordt aangesloten, moet er een zichtbare onderbreking aanwezig zijn. Als het gaat om een leiding onder vrij verval dan dient het lozingspunt zich boven het hoogste oppervlaktewaterpeil te bevinden.

De middellijn van de spui- of leegloopleiding moet voldoende groot zijn en bij voorkeur een gelijke middellijn hebben als de overloopleiding.

#### **4.6 Overige aspecten**

De toepassing van inpandig hemelwaterafvoeren is verboden.

Dicht bij een reservoir moeten voorzieningen worden getroffen ten behoeve van het reinigen en het verrichten van onderhoudswerkzaamheden, zoals voldoende aansluitmogelijkheden voor reinigingsgereedschappen waaronder een hoge druk reinigingssysteem en/of bedrijfswater.

De dakconstructie van een reservoir moet zodanig zijn dat onderhoudswerkzaamheden op of vanaf het dakvlak machinaal kunnen plaatsvinden (zie ook § 3.5.5 van [9]).

Stalen reservoirs worden beschermd door middel van kathodische bescherming (KB). Dit leidt tot beperking van het onderhoud van de coating aan de binnenzijde.

---

<sup>4</sup> Een afschot van 15 mm per strekkende meter zou afkomstig zijn van daken om te voorkomen dat er water achterblijft na een regenbui. Er blijken drinkwaterbedrijven te zijn die 2,5 – 5 mm afschot per strekkende meter aanhouden.

Met name hoofdstuk 3 'Eisen en randvoorwaarden voor het ontwerp' van de 'Richtlijn voor de realisatie van betonnen drinkwaterconstructies' [9] bevat functionele eisen, die soms aanvullend zijn op of een overlap vertonen met de bovenstaande. Die eisen moeten bij dit hoofdstuk over functionele aspecten worden betrokken en te zijner tijd worden geïntegreerd.

In bijlage IV is een voorbeeld opgenomen van de schematische weergave van een reservoir. Voor andere voorbeelden wordt verwezen naar onderdeel 10.2 van Waterwerkblad WB 4.1 'Reservoirs voor de voeding van een drinkwaterinstallatie' [4] en naar de figuren 1 en 2 van de Europese norm NEN-EN 1508:1998: 'Drinkwatervoorziening; Eisen voor systemen en onderdelen voor de opslag van water' [16].



## 5 Realisatie van reservoirs

### *Betonnen reservoirs*

Voor bouwtechnische zaken van betonnen reservoirs wordt verwezen naar de 'Richtlijn voor de realisatie van betonnen drinkwaterconstructies' [9]. Die richtlijn is volledig daarop gericht en is bedoeld om te worden opgenomen in besteksvoorwaarden. Het document kan mede als basis dienen voor het programma van eisen voor het ontwerp door aannemers en adviesbureaus. Bij een aanbesteding moet dus naar dat document worden verwezen.

Vooral de volgende hoofdstukken worden onder de aandacht gebracht:

- Hoofdstuk 4 'Bouwstoffen';
- Hoofdstuk 5 'Berekening van de betonnen drinkwaterconstructies';
- Hoofdstuk 6 'Uitvoering van de betonnen drinkwaterconstructies';
- Hoofdstuk 7 'Afnamekeuring van de betonnen drinkwaterconstructies'.

### *Stalen en kunststof reservoirs*

Alle materialen die in contact (kunnen) komen met drinkwater dienen volgens artikel 20 het Drinkwaterbesluit [3] over een 'erkende kwaliteitsverklaring of een daaraan gelijkwaardige verklaring' te beschikken<sup>5</sup>.

In het geval van stalen reservoirs moet aan de binnenzijde dus een coating met een dergelijke verklaring worden toegepast. Er wordt aanbevolen om een op basis van Kiwa-beoordelingsrichtlijn BRL-K759/01 [22] gecertificeerd product toe te passen met daarbij tevens de aanbeveling dat product door een op basis van Kiwa-beoordelingsrichtlijn BRL-K746/01 [23] gecertificeerde applicateur te laten aanbrengen.

Gecertificeerde producten en bedrijven zijn te vinden op [www.kiwa.nl](http://www.kiwa.nl).

Om het onderhoud aan de coating gedurende de levensduur te beperken, wordt de aanbeveling gedaan het staal te beschermen door middel van kathodische bescherming (zie hoofdstuk 6).

### *Opmerking*

Hout mag onder geen beding in reservoirs worden toegepast in verband met bacteriologische nagroei.

---

<sup>5</sup> Het 'Kiwa-ATA' is vooralsnog de enige 'erkende kwaliteitsverklaring' overeenkomstig de 'Regeling Materialen en Chemicaliën Leidingwatervoorziening' [24].





# 6 Operationele aspecten

## 6.1 Inleiding

De in dit hoofdstuk uitgewerkte operationele aspecten zijn uitgewerkt in achtereenvolgens:

- De (dagelijkse) bedrijfsvoering (§ 6.3);
- De inspectie waarbij het reservoir buiten bedrijf is gesteld met het eventuele onderhoud daarvan, gevolgd door reiniging (en desinfectie) en het weer in gebruik nemen (§ 6.4).

Eerst (§ 6.2) wordt kort ingegaan op de ingebruikneming van volledig nieuw gebouwde reservoirs.

In analogie met hoofdstuk 4 zijn in dit hoofdstuk de opbrengsten samengevat van een inventarisatie van beschikbare literatuur met betrekking tot operationele aspecten van reservoirs en zo veel als mogelijk geconcretiseerd. Ook hierbij is er naar gestreefd actueel en uitputtend te zijn.

## 6.2 Ingebruikneming nieuwe reservoirs

Het reservoir moet eerst zorgvuldig worden ontdaan van vuil en zand. Uit betonnen reservoirs moeten houtresten van de bekisting en dergelijke zorgvuldig worden verwijderd. Eventuele vastzittende houtresten moeten worden uitgebrand. Hierna kunnen voor nieuwe reservoirs de paragrafen 6.4.4 tot en met 6.4.6 worden gevolgd in verband met respectievelijk reiniging, desinfectie en in bedrijf nemen.

## 6.3 (Dagelijkse) bedrijfsvoering

### 6.3.1 Verblijftijd in verband met waterkwaliteit

Er is vastgesteld [13] dat de verblijftijdspreiding in reservoirs onafhankelijk is van het ontwerp en dat de verkorting van de verblijftijd moet worden gezocht in de bedrijfsvoering. De beste doorstroming van reservoirs wordt daarom bereikt via de bedrijfsvoering en niet door de vorm.

De opgeslagen hoeveelheid drinkwater moet steeds zijn afgestemd op het verbruik op enig moment (zie hoofdstuk 2), zodat een reservoir regelmatig (gedeeltelijk) wordt geleegd. Deze randvoorwaarde moet zorgvuldig worden ingebouwd in het productiealgoritme met voorspellingen van het dag- en uurverbruik. In dat verband worden als voorbeeld genoemd de toepassing van de automatische 'distributiesturingprogramma's' 'OPIR' en 'Plenty', met de mogelijkheden voor het gebruik van historische gegevens en seizoensafhankelijkheid.

Het beperken van de verblijftijd heeft ook voordelen ten aanzien van de opwarming van het drinkwater (zie hoofdstuk 4).

### 6.3.2 Calamiteitenberging

In hoofdstuk 2 is toegelicht hoe de voorraadvorming in een reservoir zich moet ontwikkelen om zowel de productieafvlakking te realiseren als de voorraad die noodzakelijk is om vooraf vastgestelde calamiteiten te overbruggen. Het werkelijke reservoirniveau moet nauwkeurig worden gemeten om vast te stellen in hoeverre dit het voorspelde niveau volgt. Bij grote afwijkingen dient zo snel mogelijk een analyse te worden gemaakt om de oorzaak daarvan vast te stellen en eventueel het productievolume aan te passen. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn als een distributiecalamiteit langer lijkt te duren dan de aanname of dat de calamiteit meer water vraagt dan was ingeschat.

### 6.3.3 Periodieke waterkwaliteitsbeoordeling

Onder waterkwaliteitsbeoordeling wordt verstaan het traject van monsterneming, bepaling van een of meer parameters in het genomen watermonster en het vergelijken van de uitkomst(en) daarvan met van toepassing zijnde grenswaarde(n) dat leidt tot 'goedkeuring' of 'afkeuring'.

*Wettelijk vereist*

In het Drinkwaterbesluit [3] en eerder in het Waterleidingbesluit [2] is/was slechts op één plek iets vastgelegd over de frequentie en de inhoud van de waterkwaliteitsbeoordeling 'af pompstation' (dus op de zuigleiding van een productiereservoir) in het kader van het periodieke wettelijke meetprogramma.

Dat is het geval in 'Tabel IIIb: Indicatoren – Organoleptische/esthetische parameters': voor de parameter 'troebelingsgraad' is daarvoor een 'maximum waarde' van 1 FTE (Formazine TroebelingsEenheden) opgenomen, met daarbij de volgende noot. 'In aanvulling op de kwantitatieve eis geldt dat de troebelingsgraad aanvaardbaar voor de gebruikers dient te zijn en geen abnormale veranderingen mag vertonen.' Het tweede deel van deze noot impliceert een regelmatige en frequente bepaling van het uitgaande drinkwater van een 'reinwaterreservoir'. Met de op dit moment beschikbare meetmiddelen wordt continue of periodieke monitoring van de troebelheid in het reinwater ('af pompstation') aanbevolen.

#### Aanvullend

De aanbeveling wordt gedaan reservoirs met enige regelmaat aan aanvullende waterkwaliteitsbeoordeling te onderwerpen. De Hygiëncode Drinkwater [7] geeft aan dat de bedrijfsafhankelijke frequentie varieert van eens per dag tot eens per twee maanden. Primair gaat het dan om het uitgaande water via de zuigleiding, waarbij (een of meer van) de volgende microbiologische en chemische/overige parameters kunnen worden bepaald (maar die ook bedrijfs- of zelfs locatieafhankelijk kunnen zijn), inclusief de daarbij te hanteren grenswaarden:

- Microbiologische parameters ('indicatorbacteriën'):
  - Bacteriën van de coligroep (coli37): 0/100 ml;
  - *Escherichia coli* (*E.coli*): 0/100 ml;
  - Enterococcen: 0/100 ml;
  - *Clostridium perfringens*: 0/100 ml;
  - Koloniegetal bij 22 °C (KG22): 100/ml (geometrisch jaargemiddelde);
  - *Aeromonas*: 1.000/100 ml;

Voor wat betreft de microbiologie wordt ook de mogelijkheid van een 'getrapte' waterkwaliteitsbeoordeling aangegeven: als het koloniegetal bij 22 °C een resultaat van '0' oplevert, worden de andere parameters niet gecontroleerd.

- Chemische/overige parameters:
  - Visuele controle: 'op het oog helder';
  - Geur: 'aanvaardbaar voor gebruikers en geen abnormale verandering;
  - Temperatuur: < 25 °C;
  - Desinfectiemiddel (eventuele residuen): ≤ 0,05 mg/l;
  - Zuurgraad: 7 < pH < 9,5.

Het bedrijfsbeleid van Nederlandse drinkwaterbedrijven voor de uitvoering van aanvullende waterkwaliteitsbeoordeling van reservoirs blijkt regelmatig in ieder geval de parameters coli37, *E.coli*, enterococcen, KG22, *Aeromonas* en temperatuur te omvatten. Voor wat betreft de frequentie van die beoordeling wordt soms onderscheid gemaakt tussen de typen reservoirs. Gezien het feit dat de waterkwaliteit van het leidingnet in het kader van het periodieke wettelijke meetprogramma wordt beoordeeld, is er voor sommige bedrijven geen noodzaak tot het controleren van productiereservoirs. Vanwege de kwetsbaarheid worden distributiereservoirs meer of minder frequent aan waterkwaliteitsbeoordeling onderworpen. Dat varieert dan van enkele keren per jaar tot eens in de twee weken. De Waterwerkbladen [4] (Waterwerkblad WB 1.4 G 'Beheer van leidingwaterinstallaties') stellen dat water in drinkwaterreservoirs (distributiereservoirs bij de afnemer) afhankelijk van het gebruik ten minste één keer per jaar moet worden beoordeeld op koloniegetal bij 22 °C (KG22), bacteriën van de coligroep (coli37), *Escherichia coli* (*E.coli*) en *Aeromonas*.

In § 4.4 zijn monsterpunten op de vul- of toevoerleiding en op de zuigleiding genoemd, samen met monsterpunten op het reservoir. 'Afkeuring' van het uitgaande water (na herhaalde waterkwaliteitsbeoordeling) kan aanleiding vormen tot additionele waterkwaliteitsbeoordeling van het water van de toevoerleiding en (afhankelijk van de uitkomst) vervolgens tot de waterkwaliteitsbeoordeling van een of meer monsterpunten op het eigenlijke reservoir. Een dergelijke aanpak kan ook worden gehanteerd bij waterkwaliteitsbeoordeling na werkzaamheden.

#### 6.3.4 Desinfectie na een verontreiniging

In het geval er sprake blijkt te zijn van de microbiologische verontreiniging van het drinkwater in een reservoir worden vier methoden voor de desinfectie daarvan gehanteerd, die zijn beschreven in bijlage II.

Na het gedeeltelijk<sup>6</sup> vullen van het reservoir met drinkwater wordt waterkwaliteitsbeoordeling uitgevoerd. Voor de daarbij betrokken parameters (criteria) en grenswaarden (eisen) wordt verwezen naar de vorige paragraaf. In het geval van 'goedkeuring' (dat wil zeggen dat de uitkomsten van de bepalingen van de verschillende parameters lager zijn dan de grenswaarden) wordt het reservoir in gebruik genomen; bij 'afkeuring' worden er aanvullende correctieve maatregelen getroffen.

#### *Opmerking*

In 2010 is in de projectgroep voor de actualisering van de 'Hygiënecode Drinkwater; Opslag, transport en distributie' [18] gediscussieerd over de vraag of twee waterkwaliteitsbeoordelingen noodzakelijk zijn voor de vrijgave van een reservoir. Omdat er (i) goede ervaringen blijken te zijn met één waterkwaliteitsbeoordeling en (ii) het wachten op de uitkomsten van een tweede beoordeling extra stilstandtijd van het drinkwater inhoudt (met afnemende waterkwaliteit als gevolg), is er geen noodzaak voor een tweede waterkwaliteitsbeoordeling.

### **6.3.5 Periodieke activiteiten**

#### *Preventieve maatregelen*

In § 4.2.2 'Toegankelijkheid' is de voorkeur voor een schone voorruimte voor de toegang tot een reservoir aangegeven. Als er werkzaamheden worden verricht aan een reservoir waarbij er geen contact is met drinkwater, behoeven er geen strikte eisen ten aanzien van de hygiëne te worden gesteld. Om een zware verontreiniging van de ruimten grenzend aan het reservoir te voorkomen, dient een bepaalde basishygiëne in acht te worden genomen als het reservoir in gebruik is. Het betreden van die ruimten met schone schoenen via een ontsmettingsmat of een bak met chloorbleekloog zorgt ervoor dat in elk geval de zwaarste bron van verontreiniging (de schoenzolen) wordt weggenomen.

#### *Eigenlijke activiteiten*

De periodieke controle van reservoirs (bijvoorbeeld maandelijks) omvat onder meer:

- Uitwendige controle van de overstortleiding met de ingebouwde klep en het rattenrooster, en het waterslot;
- Het functioneren van het luchtfilter.

Door het reservoir regelmatig te laten overstorten (1 keer per maand tot 1 keer per jaar), wordt de eventuele drijfslag van stof en vuil (het zogeheten drijvende vlies) verwijderd. Tevens wordt dan het water in het waterslot van de overstortleiding ververs en wordt de afvoerleiding getest, zo mogelijk op maximale capaciteit. Bij dit laatste worden ook de 'omgevingsfactoren' meegenomen, dat wil zeggen de afvoer van water in het geval van een lozing.

Omdat de kans op verontreiniging sterk toeneemt bij het openen, wordt een reservoir zo min mogelijk geopend.

### **6.3.6 Uit bedrijf nemen**

Elk reservoir dient periodiek uit bedrijf te worden genomen in verband met inspectie (zie onder). Om inspectie mogelijk te maken, moet een reservoir worden leeg- en schoongemaakt.

#### *Frequentie*

Aanbevolen wordt bij een nieuw reservoir de eerste inspectie na 1 jaar uit te voeren, om vervolgens periodiek inspecties uit te voeren met een frequentie van ten minste 1 keer per 5 jaar in het geval een coating is toegepast (op staal en soms ook op beton) en ten minste één keer per tien jaar als dat niet het geval is (beton). In het geval de zuiveringstechniek tussentijds wordt aangepast, dient tevens een tussentijdse inspectie plaats te vinden. Dat kan eveneens als de uitkomsten van waterkwaliteitsbeoordeling daartoe aanleiding geven en/of als het reservoir door omstandigheden inspecteerbaar is.

---

<sup>6</sup> In het geval een reservoir volledig wordt gevuld en de waterkwaliteitsbeoordeling vervolgens niet leidt tot 'goedkeur', moet er veel water worden geloosd. Bij het gedeeltelijk vullen is dat minder.

Ook het (uitsluitend) schoonmaken van een reservoir kan reden zijn tot het uit bedrijf nemen. Reservoirs moeten tussen twee inspecties worden schoongemaakt als dat noodzakelijk blijkt te zijn, bijvoorbeeld naar aanleiding van de gemonitorde troebelheid. Dit zal echter afhankelijk zijn van het watertype en de aard van een zuiveringsproces.

#### *Tijdstip*

Voor wat betreft het tijdstip in het jaar waarop een reservoir uit bedrijf wordt genomen, dient bedrijfsbeleid te worden ontwikkeld, zodanig dat er geen moeilijkheden zijn te verwachten met de reservoircapaciteit en een reservoir in het proces kan worden gemist. Een periode in het jaar met lagere buitentemperaturen kan de voorkeur hebben.

### **6.4 Inspectie, eventueel onderhoud en reiniging/desinfectie**

Behalve de reeds genoemde richtlijn voor de realisatie van reservoirs [9] is sinds 2005 de 'Richtlijn voor het technisch beheer van betonnen drinkwaterconstructies' [12] beschikbaar. De onderdelen inspectie, onderzoek, onderhoud, het nemen van preventieve maatregelen, reparatie, registratie en nazorg zijn daarin verder uitgewerkt. Ook wordt kort ingegaan op de kwaliteitscontrole door middel van het voorafgaand aan de reparatiewerkzaamheden op te stellen keuringsplan. De richtlijn voor technisch beheer dient als handleiding voor de eenduidige wijze van inspecteren en rapporteren, en behandelt de voorwaarden voor de verschillende reparatiemethoden.

#### **6.4.1 Preventieve maatregelen**

Bij het werken in een reservoir dient te allen tijde het Arbo-Informatieblad AI-5 [19] voor het werken in besloten ruimten in acht te worden genomen. Daarvoor is een werkvergunning vereist. De medewerkers moeten zich strikt houden aan de veiligheidsvoorschriften, die gelden voor het werken met chemische stoffen (reinigings- en desinfectiemiddelen), zie Arbo-Informatieblad AI-31 [20]. Bij werkzaamheden in een drinkwaterreservoir dient altijd door het drinkwaterbedrijf toezicht te worden gehouden.

Met het oog op de veiligheid dienen vooraf de te treffen veiligheidsmaatregelen met de locatieverantwoordelijke persoon te worden doorgenomen. Iemand buiten het reservoir wordt verantwoordelijk gesteld voor het welzijn van de medewerker(s) in het reservoir (veiligheidswacht).

De daartoe aangewezen medewerkers moeten bij het betreden van reservoirs schone geplastificeerde kleding en schone uitsluitend voor het reinigen van reservoirs bedoelde laarzen dragen. Uitsluitend deze kleding of wegwerpkleding mag worden gebruikt voor werkzaamheden. Laarzen, handschoenen, gereedschap en hulpmiddelen worden iedere keer bij het betreden van respectievelijk inbrengen in het reservoir gedesinfecteerd. Bij de ingang van het reservoir behoort daarom een plastic bak met een desinfecterende oplossing (75 mg Cl<sub>2</sub>/l, sterkte van de oplossing regelmatig controleren) te staan. Deze bak moet bij voorkeur op een gedesinfecteerd zeil staan waarmee de vloer rond de bak is afgedekt. De medewerkers dienen ook daadwerkelijk in een dergelijke bak te gaan staan bij het betreden van de ruimten.

Er moet in het reservoir worden gezorgd voor een goede ventilatie. Eten, drinken en roken in het reservoir is te allen tijde verboden.

#### **6.4.2 Inspectie, reservoir buiten bedrijf**

Inspecties kunnen door het drinkwaterbedrijf in eigen beheer worden uitgevoerd of door een daarin gespecialiseerd (en daarvoor gecertificeerd) bedrijf.

#### *Betonnen reservoirs*

De 'Richtlijn voor het technisch beheer van betonnen drinkwaterconstructies' [12] beschrijft de inhoud van inspecties aan betonnen reservoirs uitvoerig. Vooral wordt gewezen op de hoofdstukken 2 'Algemeen', 3 'Technisch beheer' en 4 'Beschrijving schadebeelden'. Er wordt van uitgegaan dat een en ander daarin uitputtend is vastgelegd.

#### *Stalen reservoirs*

De inspectie heeft tot doel een indruk te verkrijgen van de staat van de coating op de bodem, wanden en het dak van het reservoir. In de conclusies naar aanleiding van de inspectie moet iets zijn opgenomen over de levensduur daarvan.

RVS onderdelen van reservoirs die in contact komen met drinkwater en/of condens (bijvoorbeeld mangaten) moeten worden gecontroleerd op de aanwezigheid van putcorrosie.

### **6.4.3 Onderhoud**

#### *Betonnen reservoirs*

Hiervoor wordt verwezen naar de hoofdstukken 5 'Onderhoud' en 6 'Reparatie' van de 'Richtlijn voor het technisch beheer van betonnen drinkwaterconstructies' [12].

#### *Stalen reservoirs*

Zonder kathodische bescherming moet de coating aan de binnenzijde regelmatig worden bijgewerkt. De gemiddelde levensduur van die coating bedraagt 20 jaar; voor een coating op de buitenzijde van een stalen reservoir is dat 15 jaar.

### **6.4.4 Reiniging na inspectie (en onderhoud)**

Over het algemeen maar niet altijd zal er na de inspectie (en het onderhoud) van een reservoir een combinatie van mechanisch en chemisch reinigen, en desinfecteren worden toegepast om een reservoir schoon en hygiënisch betrouwbaar te maken. Deze paragraaf gaat in op de reinigingsmethoden.

De volgende reinigingsmethoden worden toegepast:

- Mechanisch reinigen:
  - Mechanische reiniging bestaat uit het onder hoge druk schoonspuiten van de binnenwanden en de overige inwendige onderdelen met drinkwater. Het reinigingswater wordt afgevoerd, waarna de vloer van het reservoir wordt nagespoeld met drinkwater onder hoge druk. Waar nodig kunnen borstels worden gebruikt voor onderdelen en plaatsen die niet mogen worden behandeld met of onbereikbaar zijn voor een hogedrukspuit. Deze procedure wordt gevolgd door chemische reiniging (zie onder) of door desinfectie (zie volgende paragraaf).
  - Het reservoir wordt mechanisch gereinigd met behulp van een hogedrukspuit in de volgorde plafond, wanden en vloer. Hierbij wordt dus geen chemische reiniging en/of desinfectie toegepast.
- Chemisch reinigen  
Ter verwijdering van eventuele minerale afzettingen (ijzer, mangaan en calcium) kan een reinigingsmiddel<sup>7</sup> op basis van een zuur worden aangebracht op de binnenwanden en alle andere onderdelen van het reservoir, die met drinkwater in contact komen. Hierbij wordt een korte contacttijd (circa 15 minuten) aangehouden om het reinigingsmiddel op de afzettingen te laten inwerken.  
Deze procedure wordt gevolgd door desinfectie (zie volgende paragraaf).

### **6.4.5 Desinfectie na inspectie/onderhoud**

Desinfectie van drinkwaterreservoirs wordt altijd voorafgegaan door mechanische (en chemische) reiniging (zie vorige paragraaf).

---

<sup>7</sup> Deze reinigingsmiddelen dienen over een 'erkende kwaliteitsverklaring' ('Kiwa-ATA', zie hoofdstuk 5) te beschikken.

*Met beperkte desinfectie*

Na reiniging wordt de vloer gedesinfecteerd met chloorbleekloog of een oplossing van waterstofperoxide<sup>8</sup>. De concentratie hiervan moet regelmatig worden gecontroleerd door middel van meten.

*Met volledige desinfectie*

Na reiniging wordt het reservoir gedesinfecteerd volgens een van de vier in bijlage II beschreven methoden. Vooraf moet worden geverifieerd of het juiste middel wordt gebruikt. De aanbeveling wordt gedaan uitsluitend nieuwe en gesloten jerrycans te gebruiken. Bij gebruik van eerder geopende vaten kan het zinvol zijn de aard en het gehalte werkzame stof vooraf te controleren.

**6.4.6 In bedrijf nemen**

Na het vullen van het reservoir met drinkwater wordt waterkwaliteitsbeoordeling uitgevoerd. Voor de daarbij betrokken parameters (criteria) en grenswaarden (eisen) wordt verwezen naar § 6.3.3 van het onderhavige document. In het geval van goedkeuring wordt het reservoir in gebruik genomen; bij afkeuring worden er aanvullende correctieve maatregelen getroffen.

---

<sup>8</sup> Desinfectiemiddelen dienen over een 'erkende kwaliteitsverklaring' ('Kiwa-ATA', zie hoofdstuk 5) te beschikken.

# 7 Assetmanagement

Gegevens van reservoirs dienen te worden vastgelegd in een daarvoor bedoeld boekwerk ('logboek') of systeem, waarbij vooral wordt verwezen naar de 'Richtlijn voor het technisch beheer van betonnen drinkwaterconstructies' [12]:

- Gegevens over de nieuwbouw: de vastlegging van de vorm en afmetingen van een reservoir zoals dat is ontworpen en gebouwd
  - De tekeningen;
  - een situatietekening met de opstellingsplaats van het reservoir met toebehoren;
  - bouwjaar (de periode waarin de bouw heeft plaatsgevonden);
  - maatvoering van het reservoir met de daarbij behorende onderdelen, zo nodig aangevuld met details, doorsneden of beschrijvingen;
  - de toegepaste materialen en eventuele beschermingsmethoden;
  - plaats en afmetingen van de voorzieningen, zoals inspectieluik en overige doorvoeringen;
  - een gedetailleerde opgave en de constructie en/of werking van de volgende onderdelen: de toegang tot het reservoir, de be- en ontluchting(en), de vulleiding met vulafsluiter, de overloop, de wijze van niveaumeting en signalering, de muurdoorvoerstukken, de zuigleiding(en) met eventuele zuigkuil en de leegloopleiding;
  - de wijze van creëren van propstroming: een labyrint door middel van muren of 'lamellengordijnen';
  - situering van het reservoir (boven- of ondergronds of combinatie);
  - gegevens met betrekking tot de eventueel aanwezige dakbedekking;
  - gegevens met betrekking tot de gebruikte bouwstoffen (technische specificaties);
  - uitgangspunten van het ontwerp;
  - wapeningstekeningen en betonkwaliteit.
- Gegevens van schoonmaken, inspectie en onderhoud  
Iedere uitgevoerde inspectie- en onderzoeksfase moet worden afgesloten met registratie van de verkregen informatie. De registratie moet minimaal bestaan uit een schriftelijke verslaglegging van de geïnspecteerde en eventueel onderzochte constructie, met inbegrip van de in beschouwing genomen aspecten waarop is onderzocht. Per aspect moeten de toegepaste inspectie- en onderzoeksmiddelen, en methoden worden vermeld. De resultaten van inspectie en onderzoek moeten op een dusdanige wijze zijn beschreven, dat eventueel toekomstig(e) inspectie en onderzoek kunnen worden vergeleken met eerder uitgevoerd onderzoek.
- Aanvullende registratie: de registratie van maatregelen of werkzaamheden die voortvloeien uit inspectie, onderzoek naar de oorzaak van schade, onderzoek naar aanwezige niet-zichtbare schade en onderzoek naar mogelijke toekomstige schade
  - de aanwezige schade; de plaats van de schade dient hierbij op ondubbelzinnig wijze te zijn bepaald en vastgelegd;
  - de eventueel aanwezige niet-zichtbare schade; de schade dient hierbij op ondubbelzinnig wijze te zijn bepaald en vastgelegd;
  - de eventuele toekomstige schade; de verwachte toekomstige schade dient hierbij zo goed mogelijk te worden ingeschat in combinatie met de verwachte plaats van de toekomstige schade;
  - resultaten van eventueel uitgevoerde metingen;
  - eventueel uitgevoerde reparaties, inclusief periode van uitvoering en toegepaste materialen en methoden.

Het vastleggen van de gegevens kan door middel van foto- en/of videomateriaal (op CD of DVD) in combinatie met tekeningen en geschreven tekst. Bij het vastleggen van de bevindingen kan gebruik worden gemaakt van een testrapport waarvan in bijlage A.6 van de Europese norm NEN-EN 1508 voor (onderdelen van) opslagsystemen voor drinkwater [16] een voorbeeld is opgenomen.





## 8 Literatuur

- [1] Drinkwaterwet van 18 juli 2009, Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, jaargang 2009, nummer 370, 3 september 2009
- [2] Waterleidingbesluit, ingaande 9 februari 2001, Staatsblad 2001, nummer 31
- [3] Drinkwaterbesluit, Staatsblad 2011, nummer 293, 23 mei 2011
- [4] [www.infodwi.nl](http://www.infodwi.nl): Waterwerkbladen
- [5] NEN 1006:2002: 'Algemene Voorschriften voor Leidingwaterinstallaties (AVWI 2002)' met inbegrip van aanvullingen en correctiebladen (NEN 1006/A2 van november 2008), Nederlands Normalisatie-instituut, 1 januari 2002, Delft
- [6] Moel, P.J. de, Verberk, J.Q.J.C., en Dijk, J.C. van (2004): 'Drinkwater - principes en praktijk', Sdu Uitgevers bv, Den Haag
- [7] Meerkerk, M.A., en Kroesbergen, J. (2010): 'Hygiëncode Drinkwater; *Opslag, transport en distributie*', rapport BTO 2001.175 versie 2, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
- [8] Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen KIWA N.V. (1975): 'Plaats en capaciteit reinwaterkelders', Kiwa-Mededeeling 36, Rijswijk
- [9] Meijnhardt, R. e.a. (2011): 'Richtlijn voor de realisatie van betonnen drinkwaterconstructies', 3<sup>e</sup> editie, Kiwa Nederland B.V., Rijswijk
- [10] VEWIN, projectgroep Benewater: 'Aanbevelingen "Goed Huisvaderschap"', 16 januari 2003
- [11] Masmeijer, W., en Velde, P. van de (2008): 'Ontwerprichtlijnen - criteria en componenten PvE', Vitens Watertechnologie
- [12] Dijk, A. van, (2005): 'Richtlijn voor het technisch beheer van betonnen drinkwaterconstructies', versie 1, rapportnummer 2005/59/4252, VEWIN, Rijswijk
- [13] Timmer, H. e.a. (2009): 'CFD-modellering: spreiding verblijftijd in reservoir ongevoelig voor ontwerp', H<sub>2</sub>O', nummer 20
- [14] Urbanus, J.F.X., en Biemans, R.A.G. (1992): 'DWL Rotterdam optimaliseert bedrijfsvoering productiebedrijven', H<sub>2</sub>O, 25<sup>e</sup> jaargang, nummer 3
- [15] Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland: 'Reinwaterberging', syllabus van de voormalige HWT- en MWT-cursus
- [16] NEN-EN 1508:1998: 'Drinkwatervoorziening; Eisen voor systemen en onderdelen voor de opslag van water', Nederlands Normalisatie-instituut, november 1998, Delft
- [17] Ens, F.J. (2010): 'Onderzoek waterkwaliteit in waterslagketels', rapportnummer 201015, Het Waterlaboratorium/N.V. PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland, Haarlem
- [18] Lieverloo, J.H.M. van, Mesman, G.A.M., Nobel, P.J., en Kroesbergen, J. (2002): 'Hygiëncode Drinkwater; *Opslag, transport en distributie*', rapport BTO 2001.175, Kiwa Water Research, Nieuwegein

- [19] SGS Training en Consultancy (2007): 'AI-5: Veilig werken in besloten ruimten', 4<sup>e</sup> druk, Sdu Uitgevers
- [20] Visser, R. (2009): 'AI-31: Gezondheidsrisico's van gevaarlijke stoffen', 3<sup>e</sup> druk, Sdu Uitgevers
- [21] Meerkerk, M.A., en Slaats, P.G.G. (2004): 'Beoordeling van toxicologische, organoleptische en hygiënische aspecten van metalen producten in contact met leidingwater; OAS 2004 Grondslagen en criteria beoordeling; activiteiten 6 en 17', rapport OAS 04-019, Kiwa Certificatie en Keuringen, Rijswijk
- [22] Kiwa Certificatie en Keuringen (1996): 'Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa productcertificaat voor coatingsystemen ten behoeve van drinkwatertoepassingen', Rijswijk
- [23] Kiwa Certificatie en Keuringen (1996): 'Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa procescertificaat voor het appliceren van coatingsystemen ten behoeve van drinkwatertoepassingen', Rijswijk
- [24] Ministerie van VROM: 'Regeling materialen en chemicaliën leidingwatervoorziening', Staatscourant nr. 241, 13 december 2002
- [25] Bakker, M. (2007): 'Definities en ontwerprichtlijnen reinwaterberging', versie 5, WML-rapport met kenmerk 07-01-MBA, Waterleiding Maatschappij Limburg, Maastricht
- [26] Poortema, K.H., en Vreeburg, J.H.G. (1994): 'Aanbevelingen voor de leveringszekerheid van drinkwatersystemen; Gereviseerd eindrapport van de Commissie Leveringszekerheid', VEWIN, Rijswijk/Nieuwegein
- [27] Anoniem (2000): 'Richtlijn voor de realisatie van betonnen drinkwaterreservoirs', 2<sup>e</sup> editie, Kiwa in opdracht van VEWIN, Rijswijk
- [28] Wassink, G., en Kraaijvanger, H. (2008): 'Waterkwaliteit hydrofoorinstallaties', Vitens
- [29] Wit, S. de, en Kint, J. (2010): 'Onderzoek luchtkwaliteit ten behoeve van waterslagvoorziening', N.V. PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland, Haarlem
- [30] Projectteam standaardisatie Bouwkunde (2010): 'Ontwerprichtlijnen en standaard eisen Bouwkunde/Civiel', versie 1.1, Vitens Watertechnologie
- [31] Projectteam Standaardisatie Werktuigbouwkunde (2009): 'Ontwerprichtlijnen Werktuigbouw', versie 1.0, Vitens Watertechnologie
- [32] Woerdt, D. van der, Heijden, B. van der, Medema, G., en Sterkenburg, R. (1999): 'Reinwaterbergingen en RWZI's: (g)een goede combinatie?!', H<sub>2</sub>O, nummer 14/15
- [33] Leerdam, R. van (2011): 'Risico's luchtgebruik in de drinkwaterzuivering', BTO-rapport in voorbereiding, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein

# I Spreadsheet voor het ontwerp van het effectieve reservoirvolume

Het spreadsheet is niet bedoeld als rekentool, maar uitsluitend als hulpmiddel voor het samenstellen van figuren zoals die in hoofdstuk 2 zijn opgenomen. Hieronder is het tabblad 'Samenvatting' van de spreadsheet weergegeven. De spreadsheet kan worden gedownload via 'Watnet'.

## Samenvatting

productie [Mm3/jaar]	5,0		20,0		5,0		20,0	
productie calam [uur]	5		5		3		3	
Dist calam [m3/uur]	2 Q, 3 uur	1142	2 Q, 3 uur	13699	1,5 Q, 2 uur	856	1,5 Q, 2 uur	3425
Kelder volume [m3]	11276		45103		9050		36198	
adem volume [m3]	4852		19408		4852		19408	



## II Desinfectie van drinkwaterreservoirs

### *Methode A*

- De wanden, het plafond en de inwendige onderdelen van het reservoir worden besproeid met een chloorbleekloogoplossing met 20 mg Cl<sub>2</sub>/l werkzaam chloor.
- Na een contacttijd van ½ uur worden de behandelde oppervlakken afgespoten met drinkwater.
- Ter verwijdering van eventuele resten verontreiniging wordt de vloer van het reservoir nagespoeld met drinkwater. Het chloorhoudende water wordt afgevoerd. Indien nodig wordt vóór het lozen een neutralisatie met natriumthiosulfaat toegepast (zie onder).
- Nadat alle gereedschappen en hulpmiddelen uit het reservoir zijn verwijderd, wordt de toestand van de inwendige onderdelen geïnspecteerd. Na goedkeuring wordt het reservoir afgesloten. Vervolgens wordt het reservoir met drinkwater opgevuld tot 10 cm boven het hoogste punt van de vloer met een chloorbleekloogoplossing van 20 mg Cl<sub>2</sub>/l.
- Na een contacttijd van 2 uur wordt het chloorhoudende water afgevoerd en zo nodig geneutraliseerd met natriumthiosulfaat (zie onder).
- Het reservoir wordt nagespoeld met drinkwater totdat in het afgevoerde water minder dan 0,4 mg/l werkzaam chloor aantoonbaar is.
- Het reservoir wordt geleidelijk geheel met drinkwater gevuld via de toevoerleiding.

### *Methode B*

- In het reservoir worden de oppervlakken met waterstofperoxide behandeld door middel van vernevelen volgens de voorschriften van de leverancier (sterktes en contacttijden).
- Na de behandeling wordt de vernevelapparatuur uit het reservoir getrokken zonder dat een werknemer in het reservoir hoeft te zijn en wordt het reservoir gedeeltelijk gevuld.
- Het reservoir wordt bemonsterd; indien de uitslag van de waterkwaliteitsbeoordeling aangeeft dat de waterkwaliteit goed is, wordt het reservoir verder gevuld.
- Als het reservoir volledig is gevuld, wordt een stilstandperiode van 12 tot 24 uur aangehouden.
- De afwezigheid van waterstofperoxide wordt vastgesteld.

### *Methode C*

- Het reservoir wordt met chloorhoudend water (minimaal 20 mg Cl<sub>2</sub>/l) gevuld tot 10 cm boven het hoogste punt van de vloer.
- Na een contacttijd van 2 uur wordt het reservoir verder gevuld, waarbij de chloorconcentratie na 24 uur stilstand minimaal 2 mg Cl<sub>2</sub>/l dient te zijn. Indien nodig wordt de chloorconcentratie naar 2 mg Cl<sub>2</sub>/l gebracht.
- Na een stilstandperiode van 12 tot 24 uur wordt de inhoud van het reservoir verversst met drinkwater via de toevoerleiding.
- De restconcentratie chloor in het drinkwater mag ten hoogste 0,40 mg Cl<sub>2</sub>/l bedragen.

### *Methode D*

- De wanden, het plafond en de inwendige onderdelen van het reservoir worden besproeid met een chloorbleekloogoplossing met een zodanige concentratie werkzaam chloor dat die concentratie na volledig vullen van het reservoir circa 0,2 mg/l bedraagt. Er dient voldoende vloeistof te zijn om over het gehele vloer- en wandoppervlak te verspreiden.
- Het reservoir wordt met water gevuld tot minimaal 10 cm boven het hoogste punt van de vloer.
- Na een stilstandperiode van 16 tot 24 uur wordt het reservoir maximaal gevuld. Er wordt gecontroleerd of de chloorconcentratie daadwerkelijk circa 0,2 mg/l bedraagt. Bij grote afwijkingen worden aanvullende maatregelen genomen.
- Na een stilstandperiode van 12 tot 24 uur wordt gecontroleerd of de chloorconcentratie in het drinkwater < 0,2 mg/l is.

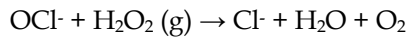
Voor alle methoden waarbij chloor wordt gebruikt bij de desinfectie geldt dat zodra de concentratie aan werkzaam chloor gezakt is tot onder 3 mg Cl<sub>2</sub>/l dit water als drinkwater kan worden gedistribueerd. Een overweging bij deze beslissing kan zijn dat dit zal leiden tot geur- en smaakklachten.

*Neutralisatie van reinigingswater met desinfectiemiddel*

Reinigingswater kan zoveel desinfectiemiddel bevatten dat het moet worden geneutraliseerd voordat het op het riool of oppervlaktewater wordt geloosd. Waterstofperoxide ontleedt in water en zuurstof, en hoeft daarom niet te worden geneutraliseerd. Waterstofperoxide kan wel zilver of andere stabilisatoren bevatten. Het is daarom verstandig afspraken te maken met de rioolbeheerder of oppervlaktewaterbeheerder over de lozing van dit water. Zie ook onderdeel 6 'Neutralisatie van desinfectiemiddelen en lozing' van Waterwerkblad [4] WB 2.4 'Doorspoelen (spuien) en desinfecteren van leidingwaterinstallaties'.

Chloorhoudend reinigingswater moet worden geneutraliseerd voordat het wordt geloosd. Neutraliseren kan met natriumthiosulfaat of waterstofperoxide. Voor neutralisatie van chloor is 3,5 kg technisch natriumthiosulfaat nodig per kg werkzaam chloor in het reinigingswater.

Bij neutralisatie van chloor met waterstofperoxide reageert waterstofperoxide met hypochloriet:



De reactie tussen waterstofperoxide en hypochloriet vindt zo snel plaats, dat geen andere organische of anorganische stof(fen) met hypochloriet kunnen reageren. Na de reactie vervalst het resterende waterstofperoxide tot water en zuurstof.

# III Voorbeelden van alarmeringen

De inhoud van een productiereservoir met alarmeringen kan op meerder manieren worden geformuleerd (zie ook de figuur hieronder). Hieronder is een aantal van drinkwaterbedrijven afkomstige voorbeelden uitgewerkt met daarin de belangrijkste aspecten.

## Drinkwaterbedrijf Vitens

### *Bouwkundige inhoud*

De bouwkundige inhoud is het aantal m<sup>3</sup> dat daadwerkelijk gebouwd wordt echter ieder reservoir heeft een overloop. Het bovenste deel kan dus niet gevuld worden.

### *Hydraulische inhoud*

De hydraulische inhoud is de maximale waterinhoud van een reservoir. Deze inhoud staat echter niet volledig ter beschikking omdat i.v.m. aanzuigen van slib of lucht het onderste gedeelte niet gebruikt kan worden.

### *Maximaal beschikbare inhoud*

Deze hoeveelheid kan volledig gebruikt worden.

Dit is dan ook de inhoud die gepresenteerd moet worden als de inhoud van een reservoir binnen RtPM (Real time Process Monitoring). Deze inhoud wordt gepresenteerd in m<sup>3</sup>.

De maximaal beschikbare inhoud kan voor meerdere doelen gebruikt worden:

- ◆ **Inhoud voor spoelen.** Deze hoeveelheid is noodzakelijk voor het spoelen van filters
- ◆ **Inhoud voor schakelen.** Delen van de zuivering kunnen op niveau van het reservoir geschakeld worden.
- ◆ **Ijzere voorraad.** Dit is vooral een ontwerpparameter. Tijdens het ontwerpen wordt een bepaalde inhoud extra berekend bij het bepalen van de inhoud van een reservoir. Dit om in de praktijk tijd te hebben om in te kunnen spelen op onverwachte gebeurtenissen. Voor het bepalen van de ijzere voorraad is geen algemeen Vitens-beleid. In de praktijk kan deze hoeveelheid voor diverse doeleinden worden ingezet.
- ◆ **Effectieve inhoud.** Dit is de inhoud die gebruikt kan worden voor afvlakking en buffering in de waterverdeling.

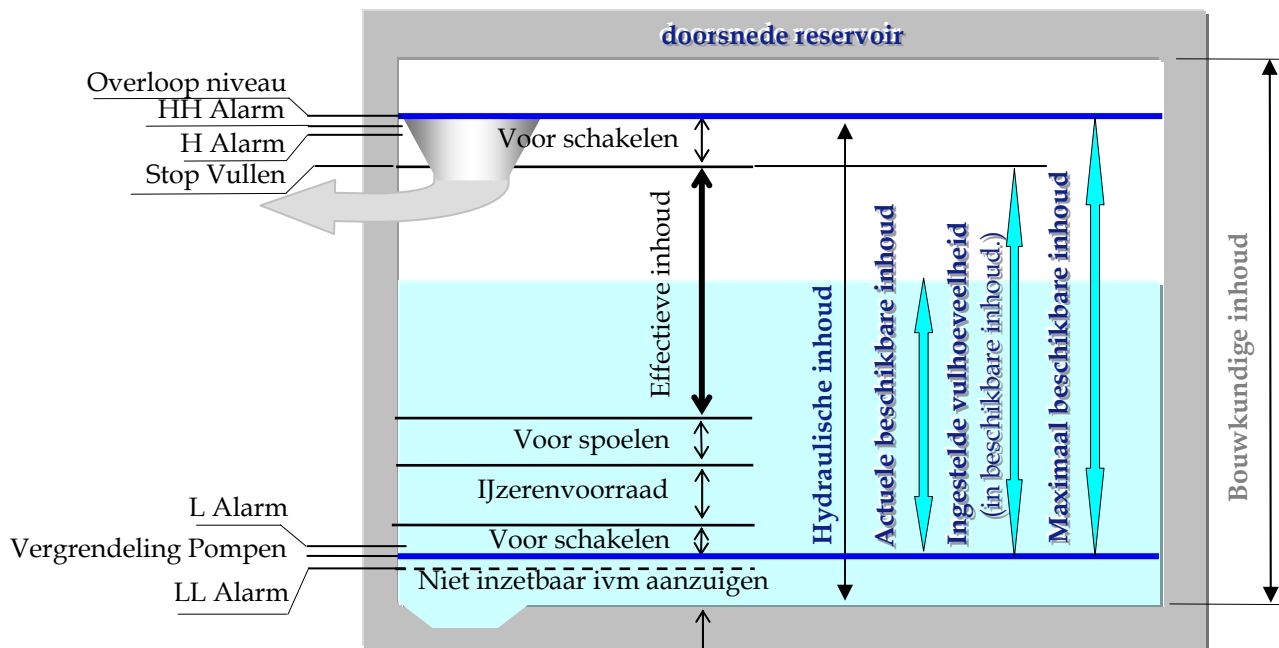
### *Ingestelde vulhoeveelheid*

Dit is een instelbare waarde. Het reservoir wordt maximaal tot deze inhoud gevuld. De getoonde waarde is de beschikbare inhoud in m<sup>3</sup>. Deze waarde kan in bepaalde situatie kleiner zijn dan de maximale waarde, bijvoorbeeld om de verversing van het reservoir te verbeteren.

### *Actuele beschikbare inhoud*

Dit is actuele inhoud waarbij de niet-beschikbare hoeveelheid in verband met vergrendelen van de pompen in mindering wordt gebracht. Dit is de waarde die binnen RtPM en SCADA gepresenteerd moet worden als actuele inhoud. De actuele inhoud wordt gepresenteerd in m<sup>3</sup>.



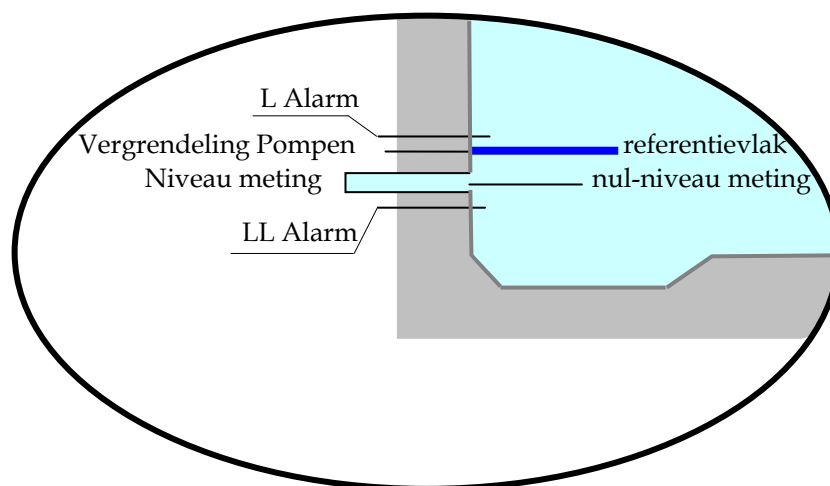


#### Niveaus

**Vergrendeling pompen:** Dit is het niveau waarop de pompen vergrendeld worden en daarmee het minimum beschikbare niveau. Dit is dan ook het referentievlak voor de inhoudsberekeningen;

- ◆ actuele beschikbare inhoud,
- ◆ ingestelde vulhoeveelheid en
- ◆ maximaal beschikbare inhoud.

Dit hoeft niet hetzelfde niveau te zijn als het nulniveau van de meting.



**LL Alarm Niveau.** Dit is het laag-laag niveau, waarbij een alarm wordt gegenereerd als het waterniveau tot beneden deze grens daalt. Dit alarm dient als beveiliging om de pompen alsnog uit te schakelen, als deze, om welke reden dan ook nog niet uitgeschakeld zijn. De detectie van het LL Alarm is separaat van de niveaumeting (hardwarematig) uitgevoerd.

**L Alarm Niveau.** Dit is het niveau, waarbij laag alarm wordt gegenereerd. Dit alarm dient als reactietijd voordat de pompen vergrendeld worden. De detectie van het L Alarm wordt afgeleid van de niveaumeting.

**H Alarm Niveau.** Dit is het niveau waarbij een hoog alarm wordt gegenereerd. Het dient als beveiliging om de pompen alsnog uit te schakelen. De detectie van het H Alarm is afgeleid van de niveaumeting.

**HH Alarm Niveau.** Dit is het hoog-hoog niveau. Dit dient als beveiliging om de pompen alsnog uit te schakelen. De detectie van het HH Alarm is separaat van de niveaumeting (hardwarematig) uitgevoerd.  
**Overloop niveau.** Dit is het niveau waarbij het reservoir overloopt.

## Drinkwaterbedrijf WML [25]

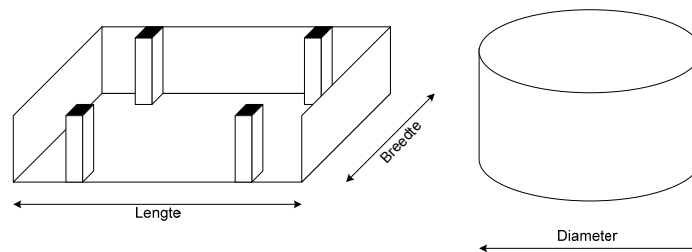
### Bepalende eenheden

De reinwaterbergingen van WML hebben altijd een “balk” of een “cilinder” vorm. De inhoud is daardoor gelijk aan Oppervlak [m<sup>2</sup>] x Hoogte [m].

### Oppervlak

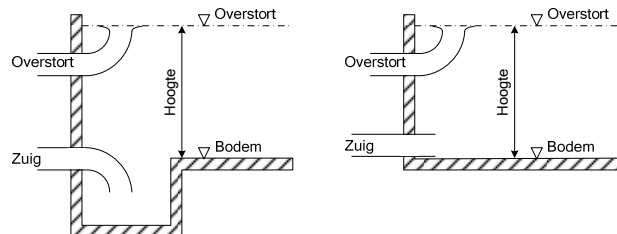
Ten aanzien van het oppervlak geldt de volgende definitie:

- **Bruto oppervlak [m<sup>2</sup>]:** Inwendige bruto oppervlak van de berging (bijvoorbeeld Lengte x Breedte bij een “balk” vorm, of  $\frac{1}{4}\pi D^2$  bij een “cilinder” vorm);
- **Netto oppervlak [m<sup>2</sup>]:** Bruto oppervlak minus de oppervlak van aanwezige obstakels, zoals constructieve kolommen.



### Hoogte

De **Hoogte [m]** wordt gedefinieerd als het niveauverschil tussen het bodemniveau en het niveau van de overstort. Dit wordt **altijd** aangehouden, ook wanneer geen zuigkelder aanwezig is.



### Let op:

- Een zuigkelder (kleine plaatselijke verdieping in de vloer waarin de zuigleiding hangt) wordt genegeerd bij de bepaling van het bodemniveau;
- Wanneer de bodem een (klein) afschot heeft wordt het bodemniveau gedefinieerd als het **hoogste** bodemniveau;
- Wanneer het bodemniveau bepaald wordt van meerdere gekoppelde reservoirs, dan moet het **hoogste** bodemniveau voor alle reservoirs aangehouden worden.

### Te onderscheiden niveaus

De belangrijkste niveaus die bij (vrijwel) elk reservoir onderscheiden worden zijn de volgende:

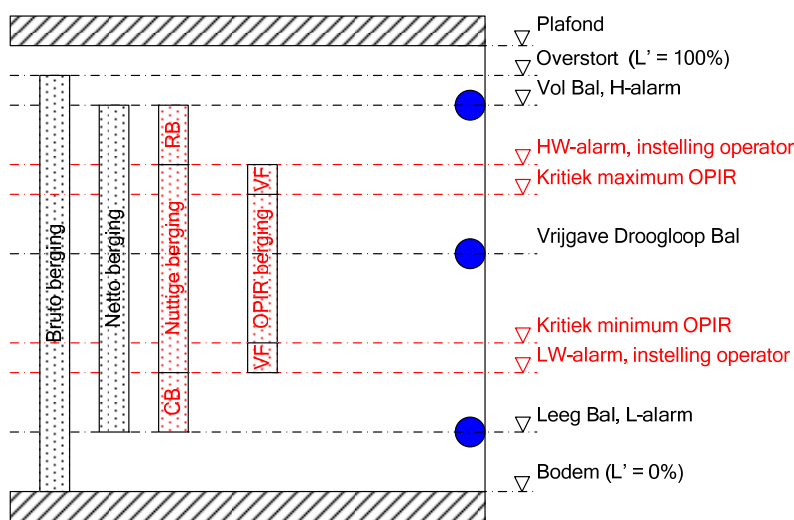
- Bodem niveau. Per definitie komt het bodemniveau overeen met 0%;
- Leeg Bal niveau (L-alarm). Dit is het niveau waarop de Leeg Bal schakelt en actief wordt;
- LaagWater alarm (LW-alarm). Dit is een instelbaar niveau. Het alarm wordt actief als het niveau lager komt dan de ingestelde waarde;
- HoogWater alarm (HW-alarm). Dit is een instelbaar niveau. Het alarm wordt actief als het niveau hoger komt dan de ingestelde waarde;

- Vol Bal niveau (H-alarm). Dit is het niveau waarop de Vol Bal schakelt en actief wordt;
- Overstort. Als het niveau in het reservoir hoger wordt dan dit niveau, dan stort het over. De niveaumeting moet zodanig geïjkt worden dat deze 100% aangeeft bij dit niveau;
- Plafond;

Bij bergingen waarvan het niveau gestuurd wordt door OPIR worden ook de volgende niveaus onderscheiden<sup>9</sup>:

- Kritiek maximum. Dit is een instelbaar niveau binnen OPIR. OPIR stuurt erop om (in de voorspelling) onder dit niveau te blijven. Let op: bij een afwijking van de voorspelling kan dit niveau wel overschreden worden;
- Kritiek minimum. Dit is een instelbaar niveau binnen OPIR. OPIR stuurt erop om (in de voorspelling) boven dit niveau te blijven. Let op: bij een afwijking van de voorspelling kan dit niveau wel onderschreden worden.

In onderstaande afbeelding worden deze niveaus weergegeven.



## Drinkwaterbedrijf PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland

### Functie en werking

Een drinkwaterkelder is een buffer tussen de drinkwaterproductie/drinkwaterinname en de drinkwaterlevering.

De functie van een drinkwaterkelder is tweeledig:

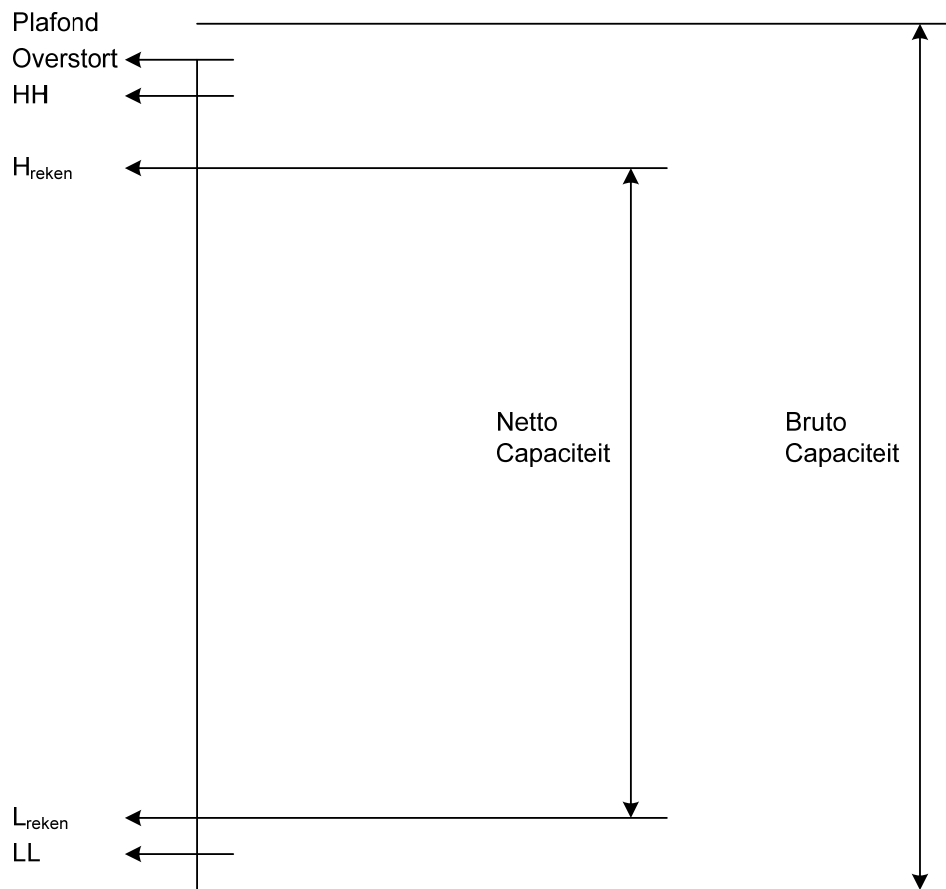
- Het mogelijk maken van een zo constant mogelijke productie van drinkwater bij een over de dag variërende levering naar onze klanten, om zo een constante kwaliteit van het gezuiverde/ingenomen drinkwater te verkrijgen.
- Voorraadvorming om een calamiteit of een periode van lagere productie op te kunnen vangen.

Het gevolg hiervan is dat het niveau van een drinkwaterkelder over de dag genomen moduleert (overdag dalend en 's nachts stijgend).

<sup>9</sup> Het extreem maximum en extreem minimum niveau van OPIR worden hier voor het overzicht even buiten beschouwing gelaten. Het extreme niveau ligt tussen het kritieke niveau en het alarmniveau.

### Niveau en volume

In onderstaande figuur is schematisch het verschil tussen bruto- en nettocapaciteit weergegeven. De in de figuur weergegeven  $H_{\text{reken}}$  en  $L_{\text{reken}}$  zijn instellingen per drinkwaterkelder om de netto capaciteit te berekenen. De bruto capaciteit is de bouwkundig bepaalde maximale capaciteit.

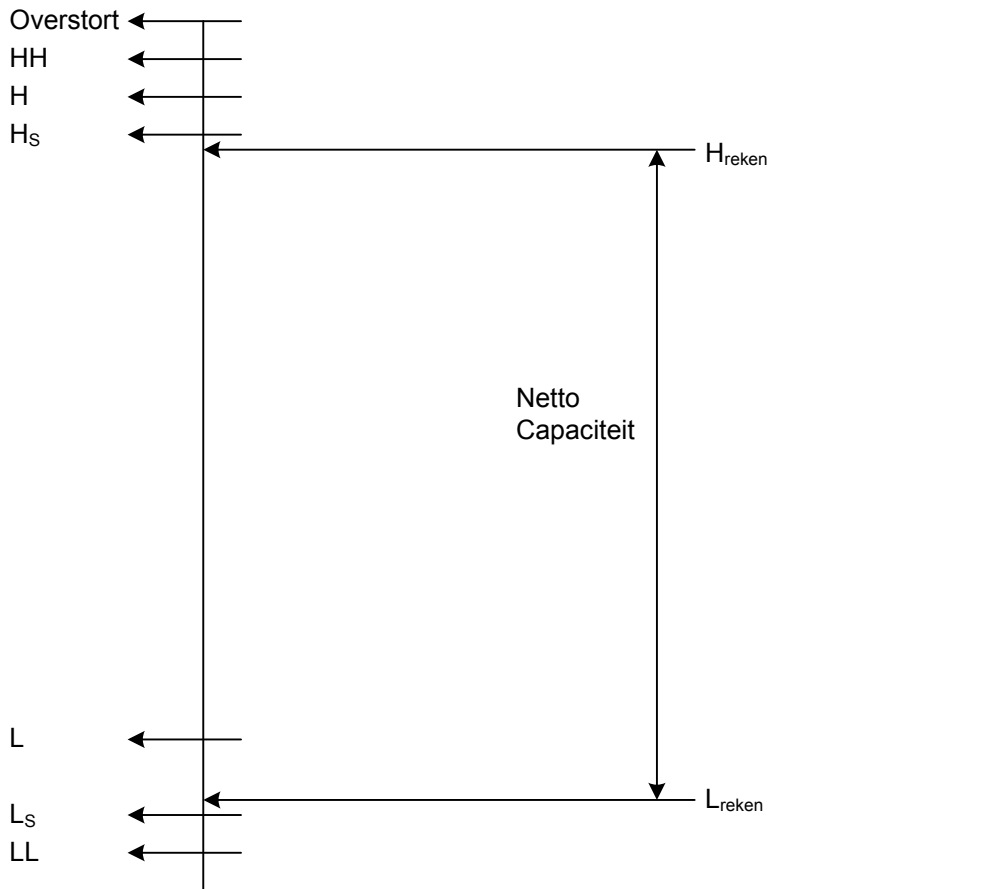


Een drinkwaterkelder kent de volgende niveaus en opbouw:

- Gebied onder LL om aanzuiging van vuil en lucht in de pompen te voorkomen.
- LL niveau welke hardwarematig is uitgevoerd t.b.v. de beveiliging van de pompen. Dit signaal gaat naar de zogenaamde beveiligings-PLC, die de eventuele uitschakeling van de pompen verzorgt.
- $L_{\text{reken}}$  en  $H_{\text{reken}}$  bepalen, in combinatie met de vormfactor van de DWK, het werkelijke volume [ $\text{m}^3$ ] en de netto capaciteit [ $\text{m}^3$ ] van de drinkwaterkelder.
- HH niveau welke softwarematig wordt bepaald t.b.v. van eventuele beperking van de inname.
- Gebied tussen HH niveau en de bovenkant van de noodoverstort. In de praktijk is dit circa 10 cm.
- De noodzakelijke luchtlaag tussen het niveau van overstorten en de onderzijde van de dakconstructie.

Bij meerdere drinkwaterkelders wordt ervan uitgegaan dat de aanvoer gelijkmatig wordt verdeeld over de beschikbare drinkwaterkelders. Alle drinkwaterkelders worden communicerend bedreven en gezamenlijk gezien als 1 totale drinkwaterberging van een locatie. Regulier wordt een nieuwe drinkwaterkelder communicerend gebouwd met een bestaande drinkwaterkelder en moeten de niveaus gelijk zijn (zoals de overstort, vulschacht en de zuigput) vanwege het hydraulische verhang. Elke drinkwaterkelder draagt regulier bij aan het totale volume en netto capaciteit van de drinkwaterberging. Derhalve wordt hierbij gesproken over het resulterend niveau. Op basis van het resulterend niveau ontstaat het volgende beeld van de totale drinkwaterberging van een locatie:

[Y-as] Resultierend niveau (Som van alle beschikbare drinkwaterkelders)



De totale drinkwaterberging kent de volgende niveaus en opbouw:

- Gebied onder LL om aanzuiging van vuil en lucht in de pompen te voorkomen.
- LL niveau: Wanneer 2 of meer beschikbare drinkwaterkelders een LL-niveau hebben bereikt worden de achterliggende pompen door de beveiligings-PLC uitgeschakeld.
- Afstand tussen LL en  $L_s$  (Laag schakelniveau) is het gebied waarbinnen op basis van  $L_s$  geregeld wordt, zodat het LL niveau niet wordt bereikt. Als de  $L_s$  overrideregeling goed functioneert, zal dit gebied zelden of nooit bereikt worden.
- Afstand tussen  $L_s$  en L is het gebied waarbinnen op basis van  $L_s$  gereageerd wordt bij het naderen van  $L_s$ . Middels een  $Q_{in} = Q_{out}$  regeling wordt bereikt dat het niveau niet lager dan  $L_s$  kan worden.
- L-niveau waarbij de bedrijfsvoerder wordt gealarmeerd. Als deze er niet in slaagt om het niveau omhoog te krijgen, zal de  $Q_{in} = Q_{out}$  regeling op basis van  $L_s$  langzaam actiever worden.
- Afstand tussen L en  $H_s$  is het reguliere werkgebied.
- $H_s$ -niveau is het Hoog schakelniveau. Bij het naderen van dit niveau kunnen diverse acties plaatsvinden.
  - Niet reageren
  - De inname sluiten
  - $Q_{in} = Q_{out}$  regeling bij het naderen van  $H_s$ . Bij het bereiken van  $H_s$  is de inname van water geheel gestopt. Dit kan via het sluiten van een innameafsluiter, maar ook door terugtoeren van pompen aan de leverende kant gerealiseerd zijn.
- HH niveau waarbij de inname direct gestopt wordt.
- Overstort

# IV Voorbeeld van een schematische weergave van reservoirs

