

Voordracht uit de 38e vakantie cursus in drinkwatervoorziening 'Bedrijfsmatige aspecten van transport en distributie', gehouden op 9 en 10 januari 1986 aan de TH Delft.

1. Inleiding

In de VEWIN-Aanbevelingen 1984 wordt in de rubriek: 'De inrichting van de bedrijfs-onderdelen van waterleidingbedrijven' het volgende aanbevolen voor wat betreft 'Reinwaterruimten'.

c.7 Reinwaterruimten

c.7.1 Reinwaterruimten en de bijbehorende apparatuur behoren zodanig te worden gebouwd, ingericht en onderhouden, dat verontreiniging van het drinkwater wordt voorkomen. Met name aan de toegangen, de over



IR. P. HAVERKAMP
BEGEMANN
Gemeentewaterleidingen
Amsterdam

stortleidingen en de ventilatie-openingen, behoort aandacht te worden besteed.

c.7.2 De ruimten behoren bij voorkeur boven de grondwaterstand te worden aangelegd.

c.7.3 De ruimten behoren niet met een gemeenschappelijke wand te grenzen aan ruimten bestemd voor hygiënisch niet betrouwbaar water.

c.7.4 Er behoren voorzieningen te zijn waardoor de ruimten periodiek inwendig kunnen worden gereinigd.

c.7.5 De constructie van reinwaterruimten behoort zodanig te zijn dat het verblijf van het reine water in deze ruimten geen aanleiding geeft tot kwaliteitsverslechtering.

Een tekst die in zijn gecomprimeerde vorm de grote lijnen bepaalt van de randvoorwaarden waaraan reinwaterreservoirs moeten voldoen. Ik wil eerst ingaan op de noodzaak van het hebben van deze reservoirs.

2. Waarom reservoirs?

Reservoirs zijn nodig om de volumestroom door het zuiveringsbedrijf redelijk gelijk te houden en tamelijk onafhankelijk te doen zijn van het afnamepatroon van de consument. Het moet duidelijk zijn dat in de meeste gevallen – zeker waar biologische zuiveringsstappen worden toegepast – de zuiveringsprocessen gebaat zijn met een patroon dat redelijk constant is. Geen plotselinge wijzigingen en indien deze toch moeten optreden, dan géén plotselinge grote wijzigingen.

Tevens speelt de economie een grote rol. Zonder opslag zou de opvang van de bedrijfsmiddelen, waaronder begrepen de kostbare transportleidingen tussen zuivering en distributiepompstation, veel groter moeten zijn!

Elk waterleidingbedrijf heeft zijn eigen

afnamepatroon. Dit is sterk afhankelijk van de opbouw van zijn klantenkring.

In Amsterdam geldt dat 78% van het totale daggebruik wordt verbruikt in 13 uur.

Streven we naar een gelijkmatig verdeelde productie-volumestroom over een etmaal dan is de volgende vergelijking van toepassing:

$0,78 \times 24 \times \text{gemiddelde uurproductie (j)} - 13 \times j = \text{de benodigde reservoircapaciteit.}$
Deze capaciteit is 5,7 j.

De maximale dagproductie in Amsterdam is zeker niet hoger dan 1,4 x het gemiddelde dagverbruik. Op basis van de jaarproductie kan de reservoircapaciteit worden uitgedrukt als

$$1,4 \times 5,7 \times \frac{Q}{365} \times \frac{1}{24} = \text{ongeveer } 1\text{‰}$$

van de jaarproductie.

Dit geldt in het distributiegebied.

Reservoircapaciteit op het zuiveringsterrein, niet vallend onder deze categorie van opslag, komt hier nog bij.

3. Type reservoirs

In grote lijnen zijn er twee types:

- de laaggelegen reservoirs
- de hooggelegen reservoirs.

De reservoirs van de 2e categorie spreken het meest tot de verbeelding. Er zijn prachtige platen door de VEWIN als PR-activiteit gedrukt en verspreid; er zijn boekjes aan gewijd en als ze maar groot genoeg zijn, kunnen er op een later tijdstip hele families mensen komen te wonen. Dan wel na uitbreukname.

De hooggelegen reservoirs dienen om de druk in een bepaald gebied onafhankelijk te doen zijn van plotselinge schommelingen in het afnamepatroon. Hierdoor (het afvlakken van schommelingen) hoeven de distributiepompstations niet zo snel te reageren op wisselingen in de afname door de gebruiker. De hooggelegen reservoirs bij distributiepompstations hebben ook een functie bij plotseling uitvallen van de energievoorziening aan de distributiepompstations ter voorkoming van het optreden van waterslag. De waterslag wordt tegenwoordig veelal op andere wijze tegengegaan (windketels kunnen als waterslagvoorziening optreden of extra voorzieningen aan de energievoorziening opdat géén waterslag kan optreden) en ik zal in deze verhandeling hier dan ook niet verder op ingaan. Ik beperk mij tot laaggelegen reservoirs.

4. Het aantal reservoirs

Het aantal reservoirs zal bij voorkeur zo groot zijn dat het mogelijk moet zijn om één reservoir uit dienst te nemen (bijvoorbeeld voor inspectie en/of onderhoudswerkzaamheden) zonder dat de bedrijfsvoering gevaar loopt. Als de uitbreukneming in periodes van relatief laag verbruik plaatsvindt (winter,

vakantieperiode) betekent dit in de meeste gevallen dat twee reservoirs minimaal benodigd zijn. De reservoirs behoren bij voorkeur boven de grondwaterstand te worden aangelegd. Eventuele verontreiniging van het reservoir door het grondwater wordt voorkomen. Inspectie van de buitenkant is meestal simpel.

5. Constructiematerialen

Ontwerpfaciliteit, architect en de kosten van de verschillende beschikbare materialen spelen hier (en de volgorde is willekeurig) een belangrijke rol. Enige jaren geleden, in de tijden dat men veel sprak over de noodzaak om zuinig met energie te zijn, ging de voorkeur uit naar dat materiaal dat bij de bereiding het minste energie kost. Dat gold voor alle materialen in de bouw en de curieuze omstandigheden traden soms op dat energie de keus bepaalde in plaats van de kostprijs. Deze periode is nu weer voorbij en we zijn terug bij een rationele aanpak, waarbij met de wensen van de architect goed rekening wordt gehouden. Het blijft natuurlijk toch interessant om de energie-inhoud van bouwmaterialen te weten. De volgende tabel geldt:

TABEL – Energie-inhoud bouwmaterialen.

Materiaal	Energie-inhoud in MJ/kg
Aluminium	120
Constructiestaal	30
Glas	21
Baksteenmetselwerk	6
Kalkzandsteenmetselwerk	2,7
Gewapend beton	2,5
Ongewapend beton	0,80

Bron: Kreijger-Voordracht Betondag 1977.

De constructies die het meest worden toegepast zijn:

A. Gewapend beton.

Prijstechnisch gunstig. Natuurlijke grondstoffen. Lange levensduur. Weinig onderhoud. Door recente ontwikkelingen is het mogelijk nauwkeurig te dimensioneren zonder in te boeten aan levensduur en sterkte van de constructie. Ook de hoge vlucht die betontechnologie heeft genomen, waarbij de betonmortel meestal fabrieksmatig wordt vervaardigd in betoncentrales, draagt bij aan een goed produkt van een egale samenstelling, dat uitgangspunt is geweest bij een rationeel ontwerp. Ingewikkelde vormgeving van betonconstructies is nu met behulp van complete computerprogramma's beter te berekenen dan vroeger het geval was. Gevolg minder materiaalgebruik en toch een goede constructie. Ook de uitgebreidere voorschriften spelen een rol in een betere bewaking van het ontwerpproces. De vierkante c.q. rechthoekige plattegrond van de reservoirs is het meest toegepast. Theoretisch is de zes- en achthoekige plattegrond het meest economisch in

materiaalgebruik (minste muuroppervlakte per m³ inhoud).

Interessante details zijn:

- constructie van het dak in combinatie met isolatie en dakbedekking;
- verbinding dak met muren.

De condities tijdens de bouw zijn vaak medebepalend voor het constructieve ontwerp van onderdelen van het reservoir.

B. Voorgespannen beton.

De constructies met voorgespannen beton zijn meestal rond. Er zijn in principe twee types:

- de voorspanwapening wordt buiten langs een ronde betonwand gerold en de spanning wordt tijdens dit aanbrengen aangebracht, waarna een laag spuitbeton voor de bescherming van het staal moet zorgen;
- de voorspanwapening wordt na het storten van het beton in kokers aangebracht en nagespannen. Horizontale en verticale voorspanning wordt toegepast.

In Weesperkarspel heeft Gemeentewaterleidingen Amsterdam twee ronde reservoirs gebouwd (elk 15.000 m³ inhoud), waarbij rondom het beton een isolerende bekleding is aangebracht van wit-eternit platen.

De constructie is architectonisch zeer fraai, maar bovendien werd hiermee bereikt dat de verticale voorspanning (nodig voor het opvangen van de gevolgen van temperatuurschommelingen) tot een minimum kan worden teruggebracht. Inspectie van de buitenkant is dan wel haast onmogelijk! Aandacht moet worden gegeven aan aansluiting van vloer aan de wand en van wand aan het dak. De wand/bodem-verbinding van cirkelcilindrische reservoirs in gewapend of voorgespannen beton is een detail dat meer dan eens aanleiding geeft tot uitvoerige

discussies. De inzet van de debatten is dan meestal de vraag of de verbinding glijdend dan wel monolithisch moet worden uitgevoerd. Als nadeel van de monolietverbinding wordt vaak gewezen op de grote snedekrachten – inklemmingsmomenten dwarskrachten – in de verbinding. Een artikel in Cement Nr. 12 in 1985 door ir. K. van Breugel gaat hier nader op in. De uitdaging bij tanks van voorgespannen beton is het verloop van de horizontale voorspanning zodanig te bepalen dat de wandbodem-verbinding zoveel mogelijk wordt ontzien. Het bepalen van een dergelijk voorspanverloop vereist een extra rekeninspanning. Daar staat evenwel tegenover dat men een verbinding verkrijgt die vrijwel onderhoudsvrij is en zeer goed in staat om naast axiaal-symmetrische ook niet-axiaal symmetrische belastingen op te nemen. De vereiste rekeninspanning betaalt zichzelf terug in de vorm van besparingen op de hoeveelheid voorspanstaal en lagere onderhoudskosten. De Postacademiale cursus 'Betonconstructies in de civiele gezondheids-techniek' gaat hier dieper op in.

Wanneer de keuze is: drie aparte delen: vloer, wand en dak, dan moet veel aandacht worden gegeven aan waterstops en opleg-blokconstructies. De toe te passen materialen dienen een verklaring van geen bezwaar op toxicologische gronden te hebben en detail-lering moet zo zijn dat periodiek schoonmaken op eenvoudige wijze mogelijk is.

C. Staal.

De vormgeving bij gebruik van stalen constructies is meestal rond. Een groot verschil met de reservoirs van het eerste uur, de zogenaamde Braithwaite-tanks, die door hun graad van normalisatie een lang leven beschoren zijn geweest, zelfs als hooggelegen

reservoirs. Met de moderne kennis van goede beschermingsmiddelen van staal kan een goede oplossing worden gevonden.

De architecten kunnen hier hoogstandjes ontwerpen (Kralingen) en de kosten van onderhoud op termijn zijn redelijk, al zijn ze altijd hoger dan die van betonnen reservoirs. De corrosie kan nog verder worden teruggebracht door het aanbrengen van een kathodische bescherming. Controle op de werking van deze bescherming is essentieel.

6. Periodieke inspectie van reservoirs

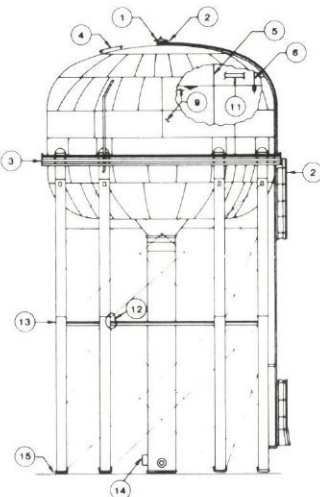
Bij Gemeentewaterleidingen worden reservoirs eenmaal per 4 jaar geïnspecteerd. Hier moet bij het ontwerp rekening mee gehouden worden, zoals:

- een gemakkelijk te realiseren toegang;
- watervoorziening voor hoge drukspuit-equipment moet aanwezig zijn ten behoeve van het schoonmaken;
- elektrische aansluiting ten behoeve van licht, hoge-drukspuit en pomp moeten aanwezig zijn.

Inspectie- en schoonmaakoperatie moeten worden uitgevoerd door een vaste groep mensen, die speciaal zijn getraind en die hygiënische affiniteit hebben. Nabij de toegang (een toegangsgebouwtje of anderszins) dienen chloorbaden aanwezig te zijn ten behoeve van de rubberlaarzen van het personeel dat de inspectie- en/of schoonmaakoperatie uitvoert. In een KIWA/VWN-colloquium van oktober en november 1985 zijn de volgende behatenswaardige opmerkingen over inspectie en schoonmaken gemaakt. Ik citeer:

'Tijdens inspecties aan de binnenzijde dient men vooral aandacht te besteden aan de

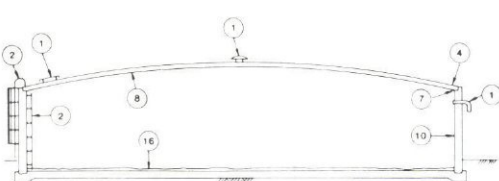
BIJLAGE 'A'.



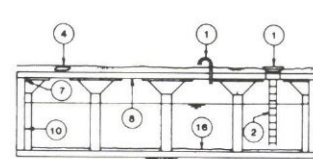
Elevated Steel Tank

Inspection Checklist

1. Check vent screens, overflow pipes, and hatch covers for security.
2. Inspect interior and exterior ladders and safety equipment.
3. Inspect balconies and platforms for ponded water and corroded deck plates.
4. Inspect roof areas for ponded water.
5. Inspect cathodic protection system components.
6. Observe operation gauges and pump limit switches.
7. Examine wall-roof joint for leakage and signs of concrete deterioration.
8. Examine underside of roof slabs for leakage and stalactites.
9. Examine interior and exterior coatings for holidays, rust stains, and pitting. Examine rivet heads for corrosion losses.
10. Inspect walls for cracks and conditioning of joint material.
11. Determine if scaffold brackets are present – and condition.
12. Inspect pockets for trapped moisture and debris.
13. Inspect all steel and connections for corrosion.
14. Inspect gauges, rectifiers, lights, shutoff valves, etc.
15. Check anchor bolts for corrosion and tightness.
16. Check floor of reservoir for sediment and debris.



Ground-Level Reservoir



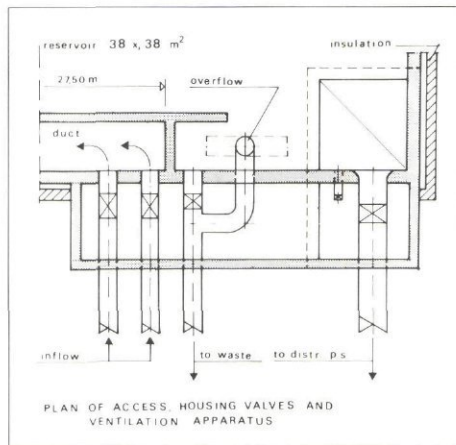
Below-Ground Reservoir

kwaliteit van de wanden en het plafond, met in het bijzonder aandacht voor groei van alg of actinomyceten. (Actinomyceten zijn bacteriën die veel gelijkenis vertonen met schimmels en onder andere verantwoordelijk kunnen zijn voor een muffe smaak.) Een goede controle op lekkages van het dak is mogelijk door deze flink onder water te zetten. Tijdens het inspecteren van het inwendige van het reservoir dienen kleding en ingebrachte materialen voldoende schoon en indien mogelijk gedesinfecteerd te zijn. Sommige waterleidingbedrijven voeren zelf de schoonmaakwerkzaamheden aan de drinkwaterreservoirs uit, andere besteden dit werk uit aan firma's die hierin gespecialiseerd zijn. Voor welke aanpak men ook kiest, het is van het allergrootste belang dat de juiste werkwijze wordt gevolgd. Enkele hoofdzaken voor dit werk zijn onder andere:

- personeel moet op de hoogte zijn van de voorschriften zowel op het gebied van de hygiëne als van de veiligheid;
- materiaal en kleding dienen schoon te zijn en waar nodig gedesinfecteerd met een chloorbleekloogoplossing;
- gebruikt water moet via een spuumogelijkheids gespuid worden;
- voor het schoonmaken mogen alleen middelen worden gebruikt die een reinigende of desinfecterende werking hebben;
- bij het gebruiken van schoonmaakmiddelen op zuurbasis dient men er rekening mee te houden dat deze de wanden ruw maken en dat eventueel gevormde zouten substraat voor bacteriën kunnen vormen.

Vooral voor het verwijderen van ijzer, mangaan, kalkaanslag maakt men nogal eens van deze chemische reinigingsmethode gebruik. Minder gevoelig is het mechanisch reinigen met borstels of hogedrukspuiten. Na het reinigen is het noodzakelijk het reservoir bacteriologisch betrouwbaar te maken. Hiervoor zijn verschillende voorschriften ontwikkeld. Zij komen er echter alle op neer dat de nog resterende organische stoffen met chloor worden gedesinfecteerd en via de spuileiding worden afgevoerd. Hierna kan het reservoir met 1 meter water worden opgevuuld. Dit water mag een chloorgehalte bevatten dat bij volledig opvullen van het reservoir juist voldoende is om als drinkwater te kunnen worden aanvaard. Nadat het reservoir gedurende 24 uur is gedesinfecteerd, worden bacteriologische watermonsters genomen. Alléén na goedkeuring van deze monsters mag het reservoir worden opgevuuld en opnieuw in gebruik genomen.

Monsternamen geschiedt via een doorvoering in de wand van het reservoir via een monsterleiding die continu loopt. In 'Opflow', het maandelijkse tijdschrift van de American Water Works Association, van juli 1985 is een lijst van punten opgenomen



Afb. 1.

waaraan tijdens een inspectiebeurt speciale aandacht moet worden gegeven. Zoals altijd bij Amerikanen: praktisch en daardoor nuttig (zie bijlage 'A').

7. Fluctuatie van waterniveau

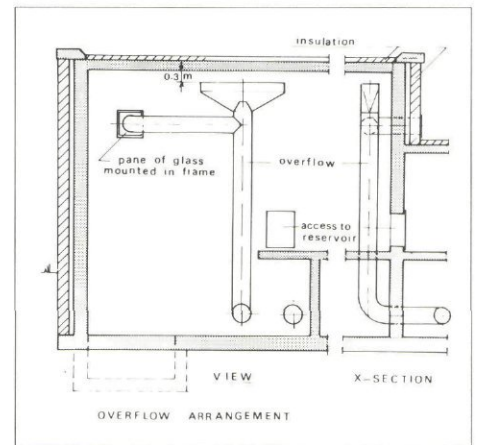
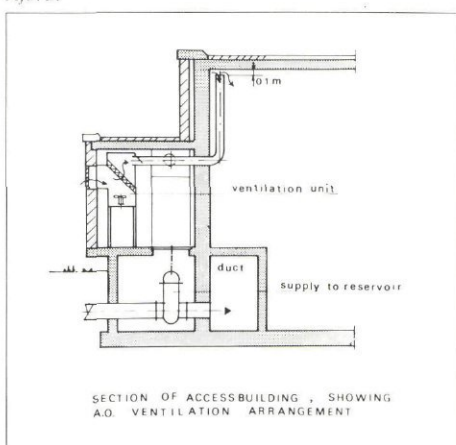
Het mooiste is om de verblijftijd van het water niet langer te doen zijn dan 24 uur en liefst korter. Het reservoir moet op een dusdanige wijze worden ontworpen dat het een doorstroomreservoir is, zonder dode hoeken en indien nodig met geleidewanden (zie afb. 1). Of het instromende water wel of niet via een overstort binnenkomt hangt van vele factoren af. Pompregiems spelen een rol. Evenals het eventueel gebruik van de reservoirinhoud bij het optreden van waterslag als terugleveringsmogelijkheid naar het leidingnet toe.

Op het zuiveringsterrein met als laatste trap een zandfiltratie kan een overstort de bepalende factor zijn voor het peil van de benedenwaterstand van deze filters.

8. Luchtfiltratie

Het variërende waterpeil in het reservoir veroorzaakt behalve water- ook luchtverplaatsingen. Het getuigt van een serieuze benadering van hygiënische voorzorg indien deze lucht wordt gefilterd. Zeker in gebieden

Afb. 3.



Afb. 2.

waar luchtvervuiling kan worden verwacht. Dit geeft wel weer extra zorg op het gebied van het voorkomen van dichtslaan van dit filter door middel van vuil, vogelresten, sneeuw en onderkoelde regen. De plaats en de detaillering van de filterinstallatie is belangrijk (zie afb. 2).

Bovendien is het verstandig om in het ontwerp op te nemen een zwakke schakel die bij overdruk/onderdruk bezwijkt. Een glasraam is voldoende en blijkt goed te werken. Regelmatige controle is geboden.

9. Overlaat

Elk reservoir moet een overlaat hebben die ervoor zorgt dat het waterniveau niet boven een van tevoren bepaald peil stijgt. Het ontwerp van constructies met als randvoorwaarden maximale belastingen die in de praktijk niet worden overschreden kan veel uitgekinderd dan wanneer er nog losse einden zijn. Een overlaat kan zijn een echte overlaat, gekoppeld aan een pijp die aangesloten is op een leiding die uitmondt op sierwater, sloot etc. Men moet dan wel weer zorgen dat er geen ongedierte via deze leiding naar binnen kan komen; bijvoorbeeld via een keerklep. Regelmatige controle is vereist! En via een breekluik als de afvoer wellicht verstopt is (zie afb. 3).

10. Evaluatie

Wat eenvoudig kan, daar moet niet ingewikkeld over worden gedaan. Dat geldt ook voor reinwaterreservoirs. Aandacht tijdens de ontwerpperiode en tijdens de bouw kan veel narigheid voorkomen. Maar geldt dat niet voor de meeste dingen in het leven?

Literatuur

- Breugel, ir. K. van (1985). 'Voorspannen van tankconstructies kan goedkoper'. Cement nr. 12.
 Collins, mr. Thomas J. (1985). *Inspection Checklist - 'Opflow'*. Monthly publication AWWA, July 1985.
 Slot, H. (1985). *Ontwerp en onderhoud van reinwaterreservoirs*. KIWA/VWN-colloquium oktober en november 1985.
 VEWIN. *Aanbevelingen 1984*.