

Conservering van stalen reservoirs bestemd voor de opslag van drinkwater

1. Inleiding

In 1964 besloot de NV Waterleiding Maatschappij Gelderland over te gaan tot het toepassen van stalen bodemreservoirs voor de opslag van drinkwater, op grond van de overweging dat de bouwkosten voor de uitvoering in staal op dat moment ca. 20 - 25 % lager waren dan de voor deze reservoirs welhaast traditionele uitvoering in beton.

In een tijdsbestek van drie jaren, nl. van medio 1964 tot medio 1967, zijn vijf stalen reservoirs opgebouwd, resp. twee reservoirs met een waterinhoud van 1.500 m³ en drie reservoirs met een inhoud van 3.000 m³.

Voor wat betreft de twee reservoirs van 1.500 m³ die te Wapenveld zijn gebouwd (1964/1965) en het reservoir van 3.000 m³ dat in Putten is opgesteld (1965), werd in „Water” 1965, blz. 355 ev. reeds een overzicht gegeven van de constructie en wijze van uitvoering. Deze reservoirs, die zijn gelegen in een bosrijke omgeving, werden van een grondomhulling voorzien, aangezien het uit landenschappelijk oogpunt storend zou zijn indien de reservoirs als zodanig zichtbaar zouden blijven. De daarna nog gebouwde twee reservoirs van 3.000 m³, resp. te Druten (1966) en te Geldermalsen (1967), zijn niet van een grondomhulling voorzien.

Bij de bouw van stalen reservoirs voor opslag van drinkwater, is de conservering van de staalconstructie, zowel op grond van technische als economische overwegingen, van groot belang te achten. Een goede en duurzame bescherming van het staal is nl. bepalend, zowel voor de bedrijfszekerheid als de levensduur van de stalen reservoirs.

In het onderstaande is een overzicht gegeven van de voor de genoemde reservoirs toegepaste beschermingssystemen en de kosten daarvan, alsmede de ervaring die inmiddels met deze systemen werd opgedaan.

2. Conservering van de reservoirs Wapenveld en Putten

Voor de bescherming van de staalconstructie van deze reservoirs zijn de volgende maatregelen genomen.

2.1 Voorbehandeling

Alle constructiedelen zijn na het gereedkomen in de fabriek in een fosforzuurbad gebeitst, ter verwijdering van de walsheid en direct daarna voorzien van een bitumineuze hechtlaag. Opgemerkt wordt hierbij dat de plaatsen waar aan de constructiedelen moest worden gelast,

niet met bitumen konden worden behandeld.

Voor de onderdelen van de reservoirs te Wapenveld zijn de lasplaatzen eenvoudig blank gelaten. Aangezien werd ervaren, dat tijdens transport en montage een sterkere roestvorming van deze onbehandelde gedeelten ging optreden dan was verwacht, zijn voor de constructiedelen van het reservoir Putten de lasplaatzen op de fabriek voorzien van een zg. „las-primer”. Deze „las-primer” bestond uit een meniel laag met grote hittebestendigheid.

Nadat de staalconstructie van de reservoirs Wapenveld op de bouwplaats gereed was gekomen, is deze ter plaatse van de onbehandelde lasnaden, en daar waar door transport en montage beschadiging van de bitumineuze hechtlaag was ontstaan, ontroest en de hechtlaag bijgewerkt. Vervolgens is de gehele constructie van een tweede hechtlaag voorzien. Mede tengevolge van het ongunstige jaargetijde waarin de conserveringswerkzaamheden aanvingen, nl. november 1964, is het ontroesten en bijwerken van de hechtlaag een moeizame en tijdrovende bezigheid geweest.

Gelet op deze ervaring heeft bij de bouw van het reservoir Putten het herstellen van beschadigingen van de hechtlaag, het bijwerken van de lasplaatzen en het aanbrengen van de tweede hechtlaag onmiddellijk na het lassen van de constructiedelen plaatsgevonden. Deze maatregel heeft, zowel wat betreft de tijdsduur als de kwaliteit van de behandelingen, betere resultaten opgeleverd dan in Wapenveld.

2.2 Uitwendige bescherming

Het feit, dat de reservoirs van een grondomhulling moesten worden voorzien, heeft de keuze bepaald om de buitenwand van de reservoirs te beschermen door middel van een in twee lagen warm aangebrachte asfaltbitumen 110/30 (verwerkingspunt 110° C, penetratie 30 mm). De totale laagdikte van dit systeem bedroeg ca. 3 - 5 mm.

Met behulp van een „vonkapparaat” is de bekleding op dichtheid gecontroleerd. De bodemplaten van de reservoirs zijn gelegd op een ca. 1 - 1,5 cm dikke bitumenlaag, die in Wapenveld is aangebracht op een verdichte zandplaat en in Putten op een 6 cm dikke vloer van stampbeton. De buitenkant van het dak is behandeld met een laag Bitu-coat no. 35, een gebitumineerd juteweefsel dat door middel van een warme asfaltbitumen 85/40 op de hechtlaag is aangebracht. De dakbedekking werd daarna afgewerkt met een koud verwerkbaar bitumineuze kleef-

stof, waarin een groengrijze leislag is gestrooid.

Voor het reservoir te Putten zijn de stalen dakplaten van een omgebogen rand voorzien, ter verstijving van de dakconstructie. Teneinde te voorkomen dat hierdoor een scherpkantige afwerking in de dakbedekking zou ontstaan, is de ruimte tussen de omgebogen rand en de verstijving in de dakplaat opgevuld met stroken geëxpandeerde geïmpregneerde kurk, die met behulp van warme asfaltbitumen werden geplakt, alvorens de dakbedekking is aangebracht.

2.3 Inwendige bescherming

Voor de inwendige bescherming van de reservoirs is op de onder 2.1 beschreven hechtlaag een „Flintkote-emulsie” aangebracht. „Flintkote” is een zuivere asfaltbitumen die zonder oplosmiddel koud verwerkbaar is. Overeenkomstig de voorschriften van de fabrikant is in het onderhavige geval gekozen een „Flintkote” C 13 HPC-cementslurry, die werd samengesteld uit 1 volumedeel cement en 1 volumedeel water op 12 volumedelen „Flintkote” C 13 HPC. De bescherming is met behulp van een spuitapparaat in twee lagen aangebracht.

Aangezien een „Flintkote” beschermingssysteem volledig „droog” moet zijn alvorens in gebruik te kunnen worden genomen, is hieraan speciale aandacht besteed en werd een droogtijd van ruim drie weken aangehouden alvorens de reservoirs met water zijn gevuld.

Een opmerkelijk verschijnsel was, dat de „gedroogde” Flintkotel laag op vele plaatsen een witte uitslag vertoonde. Volgens de fabrikant was dit normaal en moest worden toegeschreven aan het uitkristalliseren van de stabilisator van de Flintkote-emulsie, waardoor calcium-carbonaat wordt gevormd.

2.4 Kathodische bescherming

Uit enkele in het laboratorium verrichte onderzoeken naar de invloed van kathodische bescherming op een „Flintkote” beschermingssysteem, kon worden vastgesteld dat bij een potentiaal van het staal van ca. — 1.500 mV tot — 2.000 mV (gemeten ten opzichte van een Cu-CuSO₄ elektrode) tengevolge van de ontstane waterstofontwikkeling gevaar bestaat voor het „afdrukken” van de bekleding. Het criterium van een effectieve kathodische bescherming is gelegen bij een potentiaal van ca. — 900 mV. Dit betekent dat bij kathodische bescherming van een staalconstructie die voorzien is van een Flintkote bekleding de poten-

TABEL I - Overzicht kosten conservering reservoirs Wapenveld en reservoir Putten.

Onderdeel der conserveringswerkzaamheden	reservoirs Wapenveld (2 x 1500 m³)		reservoir Putten (1 x 3000 m³)	
	per m²	totaal	per m²	totaal
1. Beitsen van de constructiedelen op de fabriek en aanbrengen van eerste hechtlaag	f 3,50	f 15.400,—	f 3,50	f 13.000,—
2. Voorziening ter voorkoming van roestvorming op de lasplaatsen	—	—	„ 1,—	„ 3.700,—
3. Conservering onderkant bodem	„ 3,—	„ 2.200,—	„ 3,—	„ 1.700,—
4. Herstellen op de bouwplaats van beschadigingen aan eerste hechtlaag; verwijdering van roestvorming en aanbrengen tweede hechtlaag	„ 4,50	„ 20.000,—	„ 1,70	„ 5.000,—
5. Asfalteren van de buitenwand	„ 3,50	„ 2.100,—	„ 5,50	„ 5.000,—
6. Aanbrengen dakbekleding	„ 9,10	„ 13.300,—	„ 9,55	„ 6.000,—
7. Opvullen met geïmpregneerde kurk van de verstijvingsribben der dakconstructie	—	—	„ 6,75	„ 3.700,—
8. inwendige bescherming met Flin-kote-emulsie	„ 3,50	„ 7.200,—	„ 3,70	„ 6.300,—
	gemiddeld f 14,—/m²	f 60.200,—	gemiddeld f 15,—/m²	f 44.400,—

tiaal van het staal een waarde moet hebben tussen —900 mV en —1.500 mV. Aangezien uit nadere proefnemingen was gebleken dat het handhaven van een gelijkmatige potentiaal in rechthoekige of cilindervormige reservoirs met een wisselende waterstand voor een conventionele kathodische bescherming door middel van opgedrukte gelijkstroom niet zo eenvoudig is als aanvankelijk werd verondersteld, zijn de reservoirs te Wapenveld en Putten zonder kathodische bescherming in bedrijf genomen.

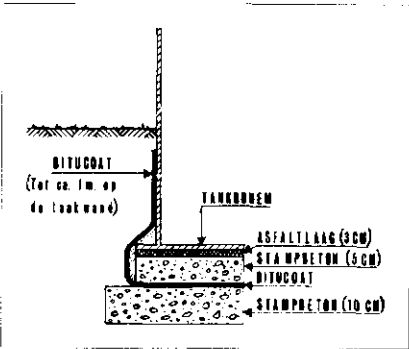
2.5 Kostenoverzicht

In tabel I is een overzicht gegeven van de kosten van de vorenomschreven conserveringswerkzaamheden voor de staalconstructies van de reservoirs te Wapenveld en het reservoir te Putten.

De kosten voor conservering van de reservoirs Wapenveld en Putten hebben resp. 35 % en 30 % van de bouwkosten voor de staalconstructie bedragen. De conserveringswerkzaamheden voor de reservoirs te Wapenveld hebben ca. 6 maanden in beslag genomen, terwijl voor het reservoir Putten ca. 5 maanden benodigd waren. Deze vrij lange werktijden zijn voornamelijk te wijten aan de ongunstige weersomstandigheden ten tijde van de werkzaamheden.

3. Conservering van de reservoirs Druten en Geldermalsen

Zoals reeds werd vermeld, zijn de reservoirs te Druten en Geldermalsen niet van een grondonthulling voorzien. Een systeem dat vrij algemeen wordt toegepast voor opslagtanks van aardoliepro-



Afb. 2 - Bescherming van de bodem tegen het indringen van vocht.

dukten. Teneinde voor de aansluitleidingen de nodige gronddekking te verkrijgen, is echter wel de onderste meter van de zes meter hoge tankwand van een grondonthulling voorzien.

De bouw van de reservoirs Wapenveld en Putten had inmiddels geleerd, dat het voorbehandelen van de constructiedelen aan de fabriek minder aantrekkelijk blijkt dan voorhands is verondersteld. Derhalve werd besloten de conservering van de reservoirs Druten en Geldermalsen op de bouwplaats uit te voeren, na het gereedkomen van de staalconstructie. Alleen de constructiedelen die na opbouw van het reservoir niet meer bereikbaar waren, zoals de onderkant van de bodemplaten en de bovenkant van de profielbalken waar de dakplaten op bevestigd werden, zijn in de fabriek voorbehandeld.

De conservering van deze reservoirs is als volgt uitgevoerd.

3.1 Voorbehandeling

Ter verwijdering van de walshuid en inmiddels opgetreden roestvorming is de gehele staalconstructie op de bouwplaats „gestaalstraald”. Als criterium is daarbij aangehouden de Zweedse voorschriften voor het straalreinigen van metalen, vastgelegd in de publicatie SIS 055900 - 1962, B-SA 3. In afb. 1 is het stralen van de tankwand weergegeven. Direct na het stralen werd een eerste beschermmlaag aangebracht.

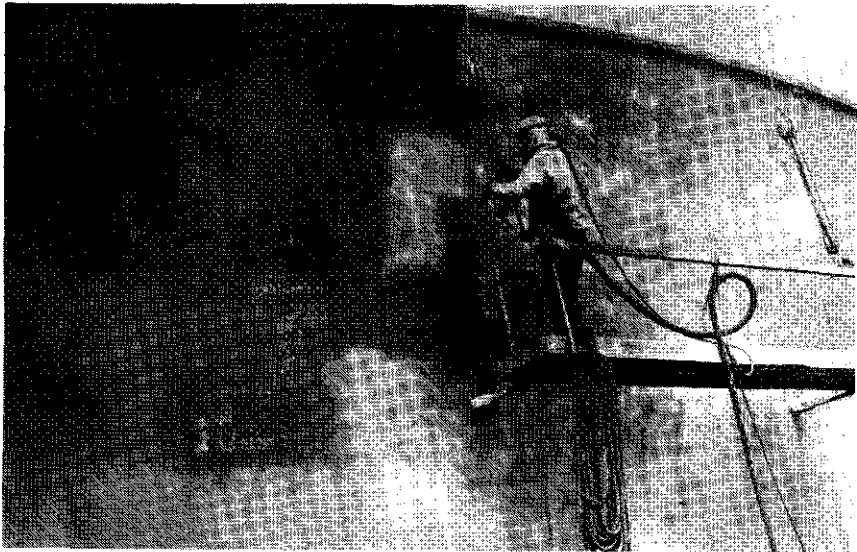
3.2 Uitwendige bescherming

3.2.1 Reservoir Druten

Op de gestraalde buitenwand, tot ca 1 m van de bodem, alsmede op het dak, is als eerste beschermmlaag een lood-ijzermermie 90/10 door middel van „airless-spray” aangebracht, tot een dikte van ca. 30 - 50 micron. De onderste meter van de buitenwand is behandeld met een bitumineuze hechtlaag.

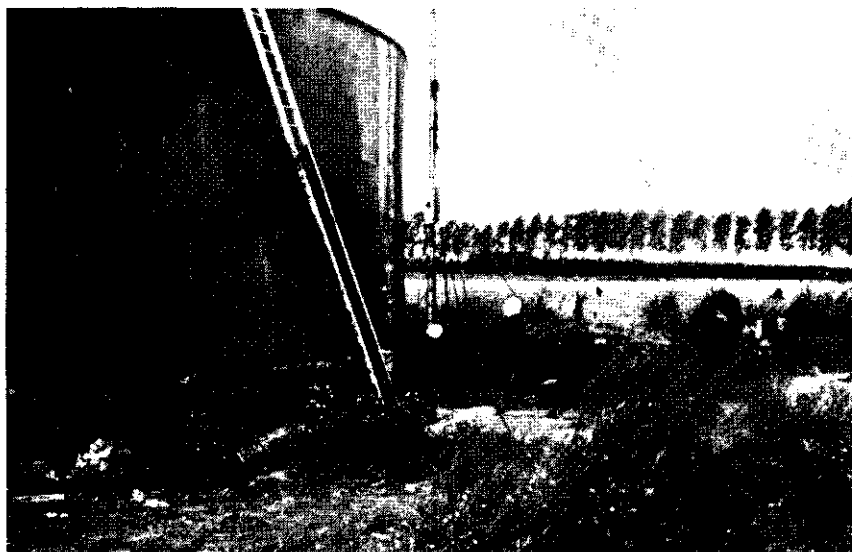
De bodemplaten, die op de fabriek reeds aan de onderzijde waren „gestaald” en van een bitumineuze hechtlaag voorzien, zijn gelegd op een ca. 3 cm dikke laag asfaltbitumen. Teneinde het indringen van vocht onder de bodem te voorkomen is een oplossing gezocht zoals afb. 2 weer-geeft.

Afb. 1 - Stralen van de wand van het reservoir Druten.



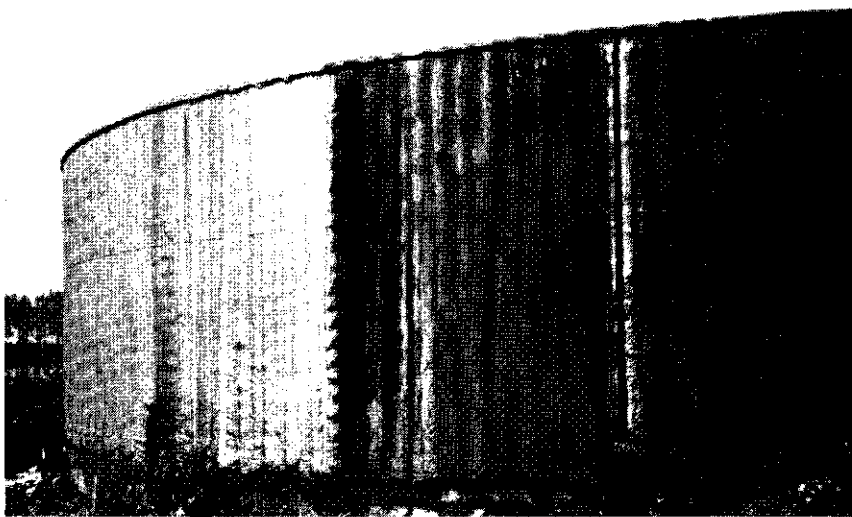


Afb. 3 - Met de hand spuiten van een polyurethaan schuimlaag op de wand van het reservoir Druten.



Afb. 4 - Het aanbrengen van een polyurethaan schuimlaag door middel van een „spuitladder”.

Afb. 5 - Wand van het reservoir Druten na het aanbrengen van de polyurethaan schuimlaag.



De overweging om voor de buitenzijde van het reservoir behalve een bescherming tegen corrosie, tevens een isolatie te verkrijgen die in de zomermaanden het ontstaan van condensatie van waterdamp uit de atmosfeer op de tankwand tegengaat en het „opwarmen” van het water direct onder het dak voorkomt, heeft geleid tot de toepassing van een ca. 2,5 cm dikke laag van polyurethaanschuim op het dak en op het bovengronds gedeelte van de buitenwand. Polyurethaanschuim is een thermohardend kunststofschuim, dat een met een gas gevulde gesloten cellenstructuur bezit. De schuimlaag wordt verkregen door een mengsel van de twee vloeibare basiscomponenten, polyether en isocyanaat, onder toevoeging van een blaasmiddel, met behulp van een spuitpistool en onder een druk van ca. 5-6 ato op het te beschermen object te spuiten. Door het mengen van de beide componenten treedt een warmte-ontwikkeling op, die het blaasmiddel doet verdampen, waardoor de beoogde schuimstructuur wordt verkregen. Oorspronkelijk is de schuimlaag met een handsput aangebracht. Afb. 3 geeft een indruk van deze werkwijze.

Voor wat betreft de gelijkmatigheid van de schuimlaag, bleek de handsputmethode een zeer onbevredigend resultaat te geven. De op de tankwand aangebrachte laag is derhalve weer verwijderd, waarna vervolgens een door de Shell-Nederland ontwikkelde „spuitladder” werd toegepast. Deze apparatuur bestaat uit een ladder waarop een spuitkop is gemonteerd, die pneumatisch op en neer kan worden bewogen. De ladder die aan de tankwand wordt bevestigd, kan eveneens pneumatisch langs de wand worden verplaatst. Met behulp van deze ladder, waarvan afb. 4 een indruk geeft, kon tenslotte een bevredigend resultaat worden bereikt. Afb. 5 geeft de tankwand weer, na aanbrengen van het donker gekleurde polyurethaanschuim. Op de schuimlaag is vervolgens in twee opeenvolgende lagen een 2-componentenverf op basis van epoxyhars en polyamidehars gespoten, teneinde de dichtheid van de schuimlaag aan de oppervlakte te vergroten en tevens om een lichtgrijze kleur van de tankwand te verkrijgen.

Het aanbrengen van een polyurethaan schuimlaag op het dak van het reservoir, dat uiteraard niet met de „spuitladder” kon worden behandeld, bleek een teleurstellende zaak. Een met de hand gespoten proefstuk vertoonde een sterk onregelmatig oppervlak, dat behalve door de gevolgde spuitmethode tevens werd veroorzaakt door de golving van de stalen dakplaten. Na regenval ontstonden grote plassen waaruit het water niet kon worden afgevoerd via de aanwezige regenwaterafvoeren en daardoor oorzaak waren, dat vocht in de schuimlaag drong. Uiteindelijk werd besloten de isolatie van het dak te laten vervallen,

aangezien de door de aangebrachte schuimlaag ontstane nadelen groter bleken dan de verwachte voordelen, hiervoor reeds genoemd. Het proefstuk is verwijderd, waarna het dak opnieuw moest worden „gestraald“, tengevolge van inmiddels weer opgetreden roestvorming. Na het stralen is een zinkstof-epoxy tot een laagdikte van ca. 50 micron aangebracht, waarop vervolgens een 2-componenten dekselverf is gespoten tot een totale dikte van ca. 100 micron. Afb. 6 tenslotte geeft een beeld van het reservoir Druten, nadat alle bewerkingen waren voltooid en rondom het reservoir een beplanting was aangebracht.

3.2.2 Reservoir Geldermalsen

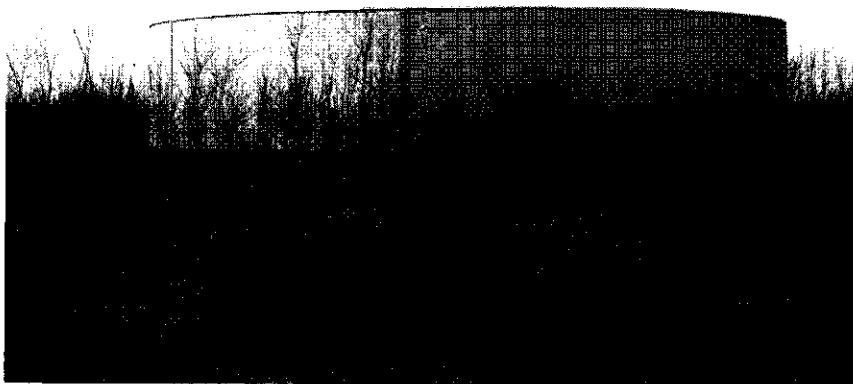
Aangezien het reservoir te Geldermalsen is gelegen binnen de bebouwde kom, kwam de isolatie van de tankwand met polyurethaanschuim niet in aanmerking door de kwetsbaarheid die dit materiaal heeft ten aanzien van mechanische beschadigingen. De wand van dit reservoir is derhalve als volgt behandeld.

Na het stralen is op de wand en het dak een laag zinkstofcompound aangebracht tot een dikte van ca. 40 micron; vervolgens een zink-epoxy-primer met een laagdikte van ca. 20 micron. Op de wand is daarna in twee opeenvolgende lagen resp. een ijzerglimmergrondverf en een ijzerglimmerdekselverf gespoten tot een totale laagdikte van ca. 100 - 150 micron was bereikt.

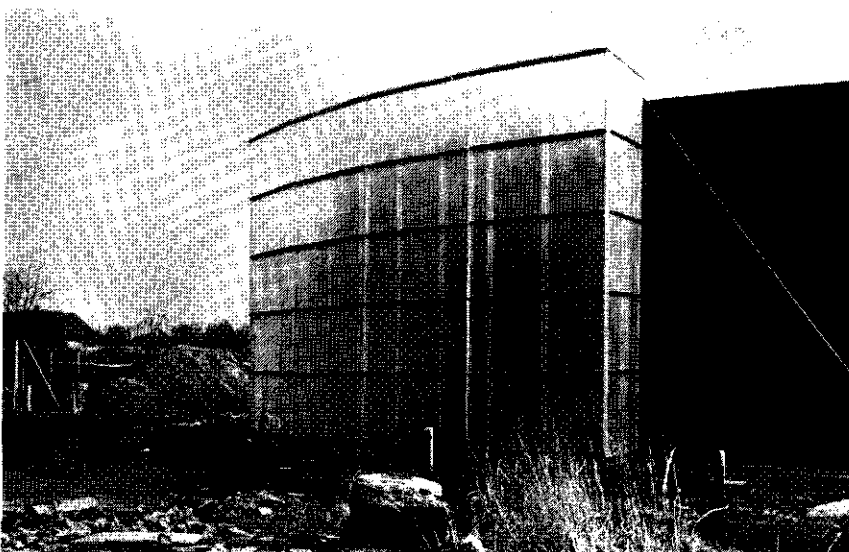
Doordat tijdens de isolatiewerkzaamheden aan het dak de verflaag van de tankwand op vele plaatsen was besmeurd met bitumen, is de tankwand later nog behandeld met een bitumen-aluminiumverf. De onderkant van de reservoirbodem is tegen indringen van vocht op dezelfde wijze behandeld als in afb. 2 is weergegeven.

Teneinde tijdens de conserveringswerkzaamheden minder hinder te hebben van slechte weersomstandigheden, is een werktent ontworpen die aan de tankwand werd gemonteerd en door middel van een aantal flenswielen kon worden verplaatst langs deze wand. De tent, die wordt samengesteld uit polyester golfplaten, bevestigd op een draagconstructie van uit stalen kokerprofielen vervaardigde spanten, heeft een lengte van ca. 10 m, een hoogte van ca. 7 m en een werkbreedte van ca. 2 m. Afb. 7 toont de werktent gemonteerd aan de wand van het reservoir te Geldermalsen. Door toepassing van deze werktent werd een aanzienlijke tijdsbesparing verkregen. Tijdens vochtig weer, waar anders de conserveringswerkzaamheden moesten worden gestaakt, kon thans aan het door de tent afgedekte gedeelte van de tankwand normaal worden doorgewerkt.

Teneinde een indruk te verkrijgen welke waarde in de praktijk moet worden toegekend aan een isolatie van het dak bij een stalen reservoir waar drinkwater in opgeslagen is, werd besloten om voor dit reservoir het dak wel te isoleren. Een



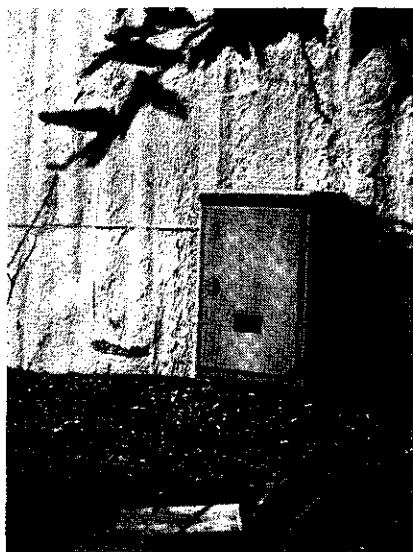
Afb. 6 - Reservoir Druten na het gereedkomen der werkzaamheden.



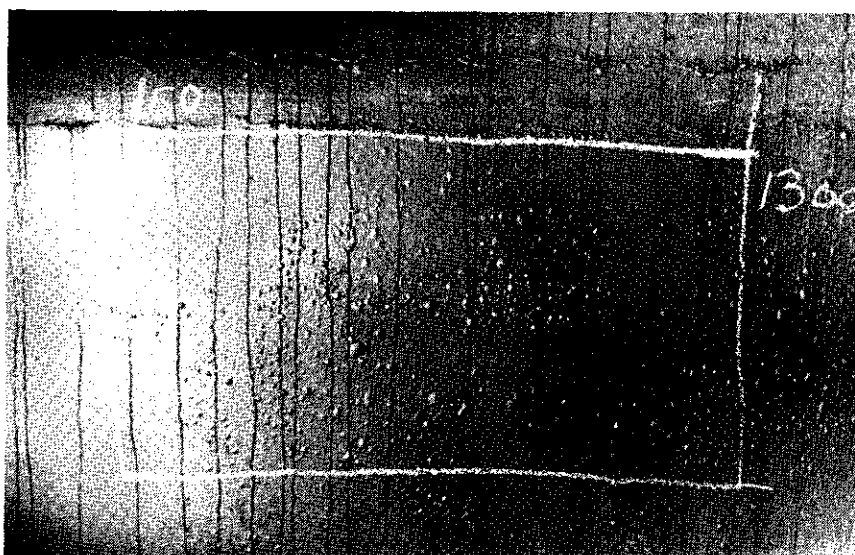
Afb. 7 - Werkkent gemonteerd aan de wand van het reservoir Geldermalsen.

Afb. 8 - Dakisolatie van het reservoir Geldermalsen bestaande uit platen polyurethaanschuim.





Afb. 9 - Gelijkrichterkast van de kathodische beschermingsinstallatie voor het reservoir Druten.



Afb. 10 - Blaasvorming in de Flintkote-bescherming van de reservoirs te Wapenveld.

vergelijking met het reservoir Druten zonder geïsoleerd dak is hierdoor mogelijk. De slechte ervaring in Druten met het spuiten van schuim heeft hier geleid tot de toepassing van polyurethaanschuimplaten. De platen, die in de afmetingen $0,5 \times 1,50 \times 0,025$ uit blokken waren gezaagd, zijn door middel van een warm aangebrachte asfaltbitumen op het dak geplakt. Het resultaat van deze methode is weergegeven in afb. 8. Als afwerking zijn de platen nog van een laag warm aangebrachte asfaltbitumen voorzien.

Om te voorkomen, dat beschadiging van de schuimplaten zal optreden, is een houten looppad gemaakt langs de twee mangatdeksels die zich in het dak bevinden, alsmede het inspectieluik voor de kabelbak van de kathodische beschermingsinstallatie. De stalen ondersteuningen waar het looppad op bevestigd is, zijn in afb. 8 zichtbaar.

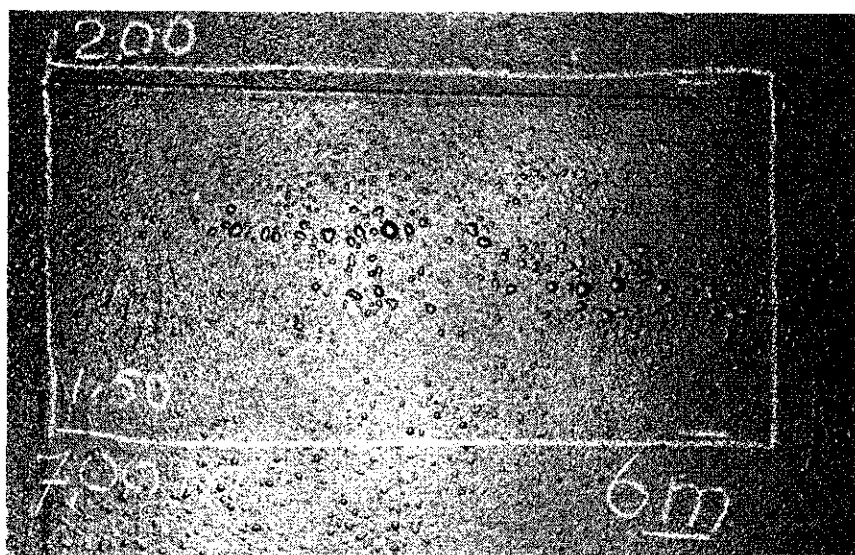
3.3 Inwendige bescherming

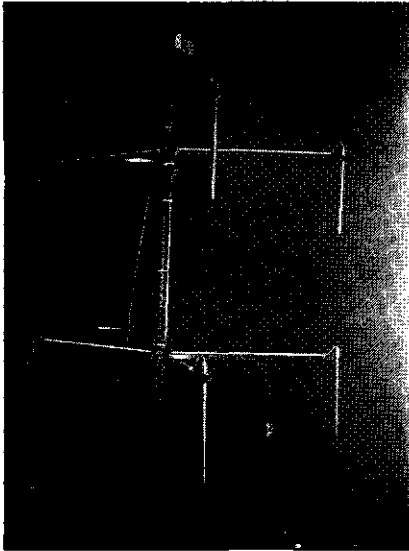
Voor de inwendige bescherming is zowel voor het reservoir Druten als voor het reservoir Geldermalsen een bekleding van koolteer-epoxy toegepast. Alvorens hiertoe werd besloten, zijn met een aantal door de fabrikant aangeboden monsters koolteer-epoxy in het laboratorium proeven genomen of van het produkt reuk- en/of smaakbezwaren waren te verwachten. Uit de onderzoeken, die zijn uitgevoerd met plaatjes die waren bekeed met de desbetreffende koolteer-epoxy, bleek dat voor een blijvende afgifte van reuk- en/of smaak aan het water geen vrees behoefde te bestaan. Teneinde tevens een nader inzicht te verkrijgen in hoeverre uit een oogpunt van toxiciteit het toepassen van de koolteer-epoxy bezwaarlijk zou kunnen zijn, is op verzoek van de fabrikant door het „Centraal Instituut voor Voedselonderzoek TNO” een onderzoek hiernaar ingesteld. Op grond van haar beoordeling



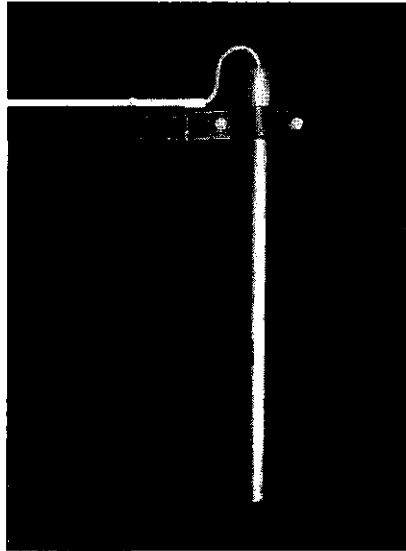
Afb. 11 - Detailopname van de in afb. 10 weergegeven blaasvorming.

Afb. 12 - Geconstateerde blaasvorming in de Flintkote-bescherming van het reservoir te Putten.





Afb. 13 - Overzicht van een groep van 6 anoden, gemonteerd aan een kolom voor de dakconstructie in het reservoir te Wapenveld.



Afb. 14 - Bevestiging van een anode aan de draagconstructie.

kwam voornoemd instituut tot de conclusie, dat uit gezondheidsoogpunt geen bezwaar tegen de toepassing van de betreffende koolteer-epoxy bestaat. De samenstelling van het produkt is — wat betreft de verhouding tussen de epoxyhars, de koolteer en de verharder — tijdens de verwerking gecontroleerd, ten einde zeker te zijn, dat deze gelijk was aan de in het laboratorium onderzochte monsters.

Direct na het straalreinigen van de tankwand is een „primer” aangebracht. Vervolgens werd door middel van de „airless-spray”-methode een deklaag gespoten tot een dikte van ca. 200-250 micron. De binnenkant van het dak, alsmede de bovenste meter van de tankwand zijn daarna nog van een tweede deklaag voorzien, waardoor daar een totale laagdikte van ca. 350-400 micron werd verkregen.

3.4 Kathodische bescherming

Nadat uit enkele oriënterende proeven was gebleken, dat een koolteer-epoxy bekleding veel minder kritisch is ten aanzien van een waterstofontwikkeling bij sterk negatieve potentialen van het staal ten opzichte van het omringende medium dan dit bij de Flintkote bekleding werd geconstateerd, is voor het inwendige van beide reservoirs een kathodische bescherming toegepast. Tot dit doel is in overleg met de leverancier van de installaties een ontwerp gemaakt dat een zo goed mogelijke verdeling van de beschermingsstroom cq. een gelijkmatige potentiaal van het te beschermen staal, zou waarborgen. Deze beschermingsmethode die wordt beschouwd als een sluitstuk van een kwalitatief goede bekleding, is op de volgende wijze uitgevoerd.

Op de 9 stalen kolommen die voor ondersteuning van het dak in het reservoir zijn aangebracht, is door middel van een

„draagconstructie” een 38-tal silicium-ijzer anoden, 1" x 30", gemonteerd. De anoden zijn onderverdeeld in 9 groepen, waarbij van elke groep een kabel via aan de stalen dakprofielen gemonteerde pvc-mantelbuizen naar een aan de onderzijde van het dak bevestigde kabelbak is gevoerd. In de kabelbak, die door een deksel van het dak af bereikbaar is, zijn de kabels samengevoegd op een klemmenstrook.

Een gelijkrichterinstallatie — primair 220 volt - 50 Hz, output 40 VA — gemonteerd in een polyester kast, is buiten tegen de tankwand opgesteld. Afb. 9 toont de gelijkrichterkast van de kathodische beschermingsinstallatie voor het reservoir Druten. De verbindingkabel tussen de gelijkrichter-installatie en de

anodenkabels in de kabelbak onder het dak, zijn door een pvc-buis gevoerd. Nadat de installaties in bedrijf waren gesteld en ingeregeld, bleek dat een gelijkmatige potentiaal van het beschermde staal kon worden verkregen met een waarde van gemiddeld — 950 tot — 1.000 mV, gemeten ten opzichte van de Cu-CuSO₄ elektrode. De stroomdichtheid per m² beschermd oppervlak bedroeg daarbij voor het reservoir Druten ca. 0,013 mA en voor het reservoir Geldermalsen ca. 0,009 mA. Uit deze zeer lage stroomdichtheid mag geconcludeerd worden, dat de inwendige bekleding van de reservoirs uitstekend is.

In dit verband wordt nog opgemerkt, dat voor kathodische bescherming van een goede bitumenbekleding — b.v. volgens klasse 3 van Mededeling 13 van de Corrosie Commissie — een stroomdichtheid benodigd is van ca. 0,05-0,1 mA/m² beschermd oppervlak.

Behalve dat de kathodische bescherming een volledige beveiliging geeft, is tevens een controle-mogelijkheid verkregen op het gedrag van de inwendige bekleding van de reservoirs.

3.5 Kostenoverzicht

De kosten van de conserveringswerkzaamheden voor de reservoirs Druten en Geldermalsen zijn in tabel II samengevat.

De totale kosten voor conservering, inclusief kathodische bescherming, hebben voor de beide reservoirs ca. 40 % van de bouwkosten voor de staalconstructie bedragen.

4. Bedrijfservaringen

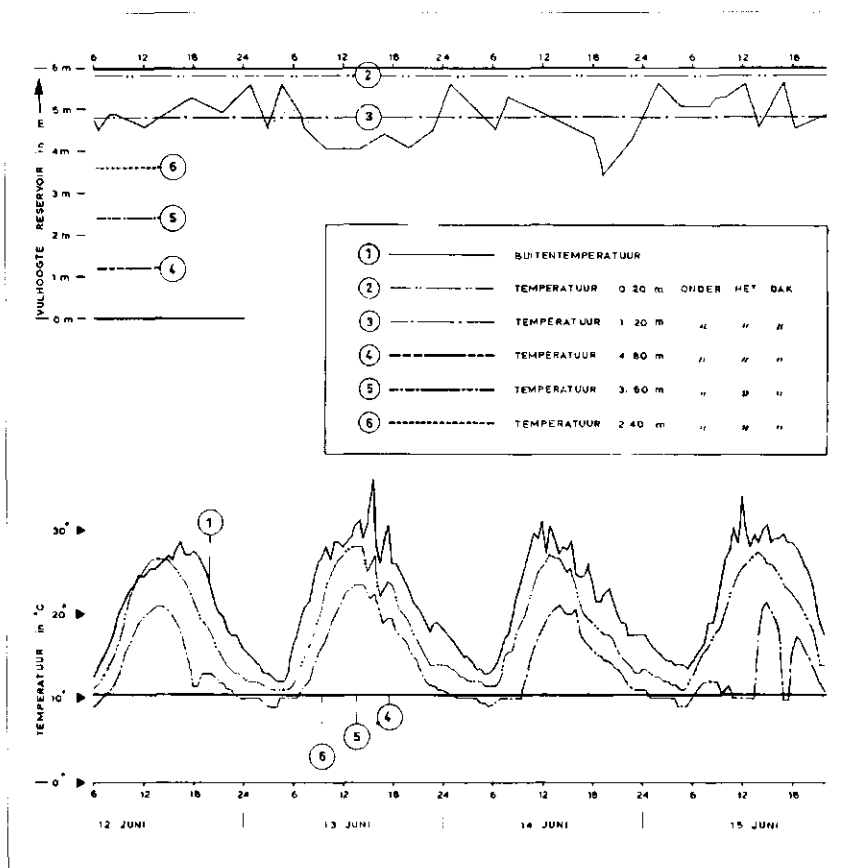
4.1 Reservoirs Wapenveld en Putten

De reservoirs te Wapenveld en het reser-

TABEL II - Overzicht kosten conserveringswerkzaamheden reservoirs Druten en Geldermalsen.

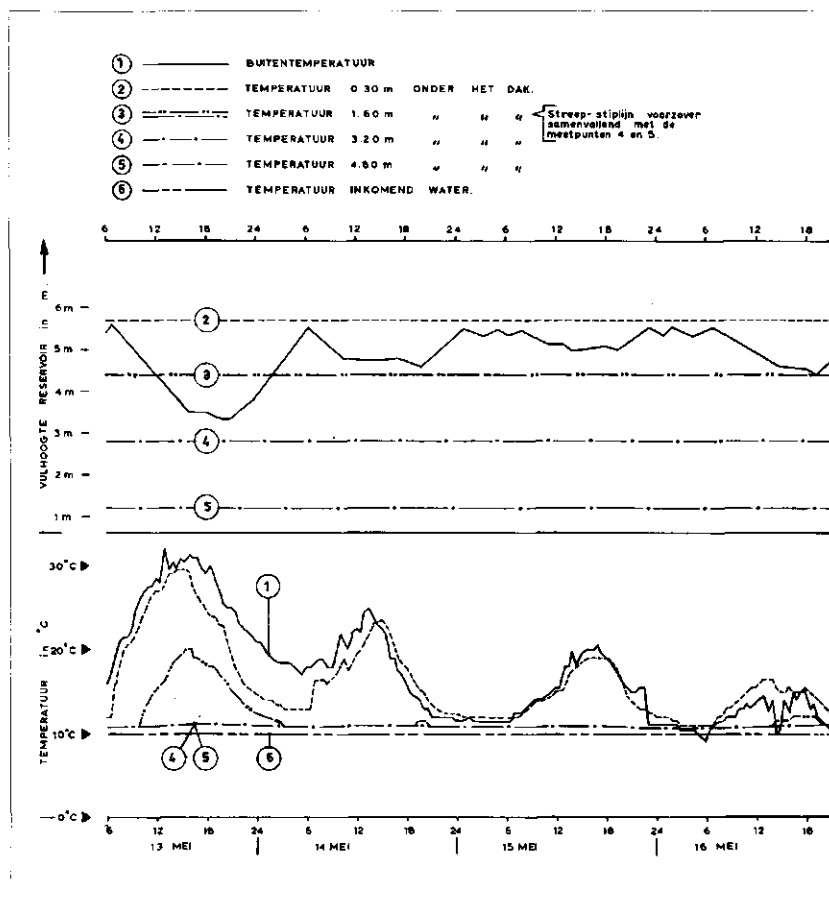
Onderdeel der conserveringswerkzaamheden	reservoir Druten		reservoir Geldermalsen	
	per m ²	totaal	per m ²	totaal
1. Staalstralen op de bouwplaats	f 5,50	f 16.000,—	f 6,—	f 17.000,—
2. Conservering onderkant bodem	„ 2,—	„ 1.100,—	„ 2,20	„ 1.200,—
3. Bescherming buitenwand	„ 1,50	„ 7.500,—	„ 16,—	„ 7.900,—
4. Isolatie buitenwand (incl. verflaag)	„ 22,—	„ 8.800,—	—	—
5. Bescherming buitenkant van het dak	„ 20,—	„ 11.000,— ¹⁾	„ 3,—	„ 16.000,—
6. Isolatie van het dak	—	—	„ 23,50	„ 13.000,—
7. Inwendige bescherming	„ 10,—	„ 18.500,—	„ 11,—	„ 20.500,—
Totaal	gemiddeld f 18,—/m ²	f 62.900,—	gemiddeld f 17,60/m ²	f 61.200,—
8. Kathodische bescherming				
a. draagconstructies voor anoden	—	f 4.000,—	—	f 3.500,—
b. levering en montage installaties	—	„ 6.000,—	—	„ 6.700,—
Totaal		f 10.000,—		f 10.200,—

¹⁾ Inclusief tweede keer staalstralen na verwijdering polyurethaanschuim.



Afb. 15 - Temperatuurmeting in het reservoir te Druten.

Afb. 16 - Temperatuurmeting in het reinwaterreservoir te Geldermalsen.



voir te Putten zijn reeds na een bedrijfstijd van ongeveer 1½ à 2 jaar inwendig geïnspecteerd. Daarbij bleek, dat op de met Flintkote behandelde wanden en bodem van de reservoirs over nagenoeg de gehele oppervlakte een sterke blaasvorming is opgetreden. De afb. 10, 11 en 12 geven een beeld van de waargenomen blazen in de beschermingslaag.

Onder de blazen bevindt zich vocht, terwijl op meerdere plaatsen reeds een putvormige aantasting van het staal viel waar te nemen. Deze wel zeer teleurstellende ervaring is aanleiding geweest om de bedoelde reservoirs alsnog van een kathodische bescherming te voorzien, ten einde hierdoor een verdergaande corrosie van de staalconstructie te voorkomen. De kathodische bescherming van de reservoirs Druten en Geldermalsen had inmiddels geleerd dat het bij een goede verdeling van de anoden mogelijk is een gelijkmatige potentiaal te verkrijgen voor de te beschermen bodem en wand cs. De installaties voor de reservoirs te Wapenveld en Putten zijn derhalve op dezelfde wijze uitgevoerd als die voor Druten en Geldermalsen. Voor het monteren van de anoden en kabels moest elk reservoir ca. 1 week buiten bedrijf worden gesteld. Afb. 13 geeft een overzicht van de aan een stalen kolom voor de dakondersteuning gemonteerde „draagconstructie” voor een groep van 6 anoden.

De bevestiging van een anode aan de „draagconstructie” is in afb. 14 meer gedetailleerd weergegeven.

Na inbedrijfstellen van de kathodische bescherming bleek dat zowel voor de reservoirs te Wapenveld als het reservoir te Putten een stroomdichtheid van ca. 7 mA per m² beschermd oppervlak benodigd is om een potentiaal van ca. -800 mV tot -900 mV te verkrijgen.

Wanneer daarbij in aanmerking wordt genomen dat voor kathodische bescherming van een onbekleed staaloppervlak onder de voor Wapenveld en Putten geldende omstandigheden een stroomdichtheid van ca. 25-30 mA/m² benodigd zou zijn, kan zonder meer worden gesteld dat de Flintkote-bekleding nog slechts een geringe bescherming biedt.

De dakbedekking van de reservoirs te Wapenveld en Putten verkeert nog in goede staat, ondanks het feit dat de daken van de reservoirs te Wapenveld regelmatig door publiek worden betreden.

4.2 Reservoirs Druten en Geldermalsen

Het reservoir te Druten is na een bedrijfstijd van ruim 1 jaar inwendig geïnspecteerd. Bij deze inspectie bleek dat de koolteer-epoxy-bekleding een volkomen gaaf aanzien had en geen spoor van blaasvorming of beschadigingen vertoonde.

De stroomdichtheid van de kathodische bescherming blijft tevens na ongeveer

3 jaren een constante waarde behouden. Dit is eveneens het geval voor de kathodische bescherming van het reservoir Geldermalsen na een bedrijfstijd van ca. 2 jaren.

Wat betreft de isolatie van polyurethaanschuim op de wand van het reservoir Druten kan worden opgemerkt, dat de hechting van het schuim nog uitstekend is. De algemene indruk van deze bescherming is niet ongunstig, alhoewel als een nadeel moet worden genoemd de geringe mechanische weerstand van de schuimlaag.

Bij de dakisolatie van het reservoir Geldermalsen wordt reeds thans de kwetsbaarheid van de schuimplaten merkbaar, hetgeen zich manifesteert in het doordringen van vocht tot onder de isolatie op plaatsen waar kleine beschadigingen zijn ontstaan. De onderliggende laag asfaltbitumen wordt derhalve zwaar beproefd op haar deugdelijkheid.

4.3 *Temperatuurmetingen*

Teneinde een inzicht te verkrijgen welke invloed een isolatie van de wand (reservoir Druten), cq. van het dak (reservoir Geldermalsen) heeft op het temperatuurverloop in een stalen reservoir, zijn in beide reservoirs temperatuurmetingen verricht tijdens een periode van — naar Nederlandse begrippen — warm zomerweer. De resultaten van deze metingen zijn samengevat in de grafieken van de afb. 15 en 16.

Uit de verzamelde gegevens kan worden geconcludeerd, dat het isoleren van de wand en/of het dak van een stalen reservoir niet noodzakelijk is om een ontoelaatbare verhoging van de temperatuur van het water te voorkomen.

Bij het reservoir Druten blijft de temperatuur van het water, dat op ca. 0,50 m boven de bodem wordt ingevoerd en daar eveneens wordt onttrokken, gelijk. De luchtlaag tussen de waterspiegel en het dak volgt met een temperatuurverschil van ca. 5° C vrij regelmatig de variaties in de buitentemperatuur en veroorzaakt in de bovenste laag water in het reservoir een geringe temperatuurverhoging gedurende enkele uren.

In het reservoir Geldermalsen wordt het water boven ingevoerd en ca. 0,50 m boven de bodem onttrokken. Het binnenkomende water heeft een temperatuur van ca. 10° C en het uitgaande water een temperatuur van ca. 11° C. Ook in dit reservoir met een geïsoleerd dak volgt de luchtlaag tussen de waterspiegel en het dak de buitentemperatuur.

De invloed van de dakisolatie is alleen merkbaar uit het feit, dat bij dalende buitentemperatuur een na-ijling ontstaat in de temperatuurdaling van de lucht in het reservoir.

Ook hier valt echter een zelfde geringe verhoging in de temperatuur van de bovenste laag water te constateren als bij het reservoir Druten waar geen dakisolatie werd toegepast.