

PERIKELEN NA INGEBRUIKNAME IN 2001 DOOR WATERLEIDINGMAATSCHAPPIJ LIMBURG LIJKEN VOORBIJ

Geen aanslibbing meer in spaarbekken de Lange Vlieter

Waterleidingmaatschappij Limburg (WML) nam eind 2001 het spaarbekken de Lange Vlieter in bedrijf voor de productie van drinkwater. Het bestaat uit een hoofdbekken en een analysebekken dat wordt gescheiden door een flexibel scherm met daarin ronde gaten. Na ingebruikname moest de waterinname diverse keren stilgelegd worden vanwege sterke aanslibbing rondom de gaten van het scherm. Royal Haskoning heeft deze problemen samen met WML geanalyseerd en in overleg met de constructeur en leverancier van het scherm oplossingen aangedragen om de continue bedrijfsvoering te garanderen.

De Lange Vlieter is een voormalige grindwinning. Sinds 2001 fungeert ze als spaarbekken voor de productie van drinkwater. Grondstof voor deze productie is water vanuit de nabijgelegen Maas. Het spaarbekken wordt gesplitst in een hoofdbekken (circa 11 miljoen m²) en een analysebekken (1 miljoen m²) om ervoor te zorgen dat de risico's van vervuiling van het water in het hoofdbekken tijdens calamiteiten op de Maas geminimaliseerd worden. De bodem van het analysebekken wordt met fijn sediment (zand/slib) uitgevlakt. De waterdiepte in het analysebekken varieert van zes tot twaalf meter en de waterdiepte in het hoofdbekken bedraagt tussen de 20 en 30 meter.

De jaarlijkse wateronttrekking voor de productie van drinkwater uit het hoofdbekken bedroeg in 2004 12 miljoen kubieke meter en in 2005 ruim 13 miljoen kubieke meter. De ontwerpcapaciteit is ongeveer 20 miljoen kubieke meter per jaar. Deze onttrekking vindt, uitgezonderd ingeval van calamiteiten, continu plaats. In het analysebekken wordt het water ingelaten met een capaciteit van 3.600 kubieke meter per uur vanuit het Lateraalkanaal Linne - Buggenum, dat in verbinding staat met de Maas. Het inlaten van water vanuit het Lateraalkanaal in het analysebekken gebeurt niet constant, maar zoveel mogelijk 's nachts. De inname vindt plaats op twee meter onder de waterspiegel.

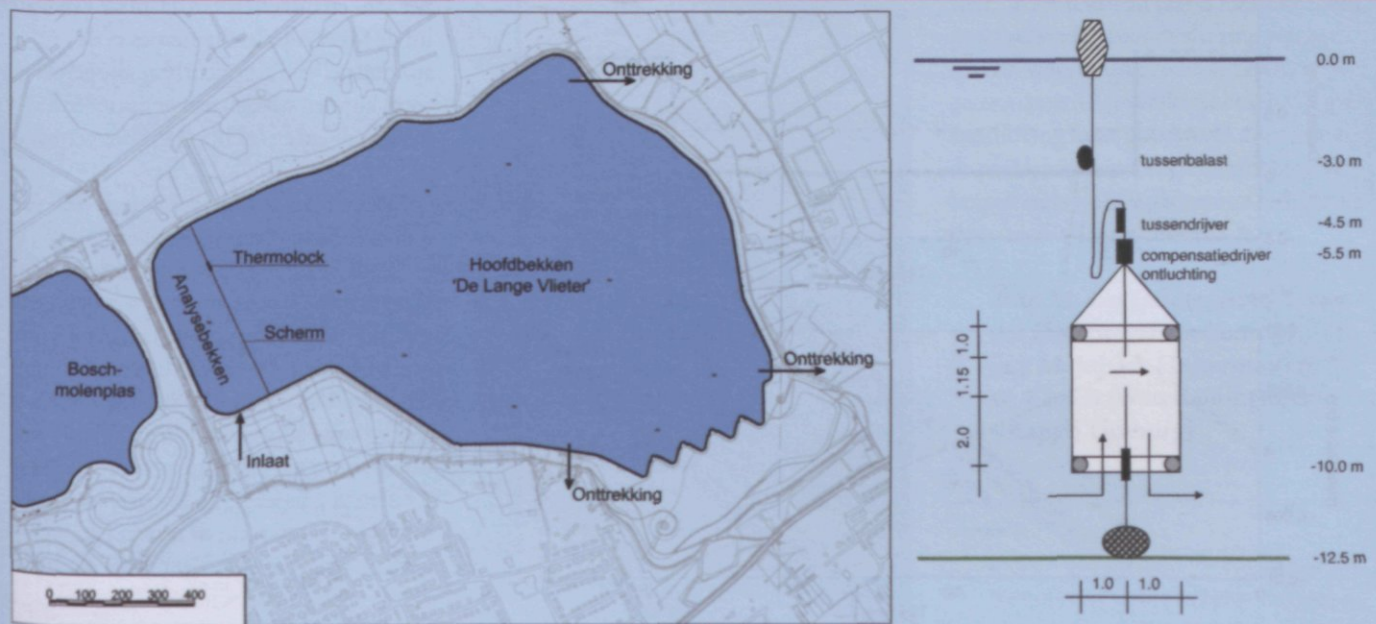
Tussen het analysebekken en het hoofdbekken is een flexibel kunststof scherm aangebracht. Dit scherm is ongeveer 500 meter lang en ligt aan de onderzijde vast op de bodem door middel van ballast. Het scherm blijft in positie door middel van drijvers en is gedimensioneerd op een maximale uitslag van 45 graden. In het scherm zitten tien ronde gaten met een diameter van 1,15 meter voor de doorstroming van water van het analysebekken naar het hoofdbekken (zie afbeelding 1). Deze gaten zitten ongeveer vier meter boven de bodem van het analysebekken.

Rond de gaten in het scherm is bij ingebruikname een zogeheten thermolock aangebracht om ongecontroleerde uitwisseling ten gevolge van temperatuursverschillen te verminderen (zie afbeelding 1, rechts). Het thermolock heeft een in- en uitstroomopening aan de onderzijde van elk circa 17 m². De afstand tussen de bodem en deze openingen is 2,5 meter. Aan de boven- en onderzijde is het thermolock gefixeerd aan het scherm. Bij het ontwerp is rekening gehouden met een extra drijfvermogen van een kilo per m².

Problemen

In juni 2003 blijkt het scherm bij de waterinlaat onder te gaan. Video-opnamen worden gemaakt van het thermolock. Aan de kant van het hoofdbekken blijkt een grote hoeveelheid slib te zitten. Daarnaast hangt het thermolock scheef. De doorstroomopening is hierdoor nog maar 70 cm hoog over de gehele lengte van het scherm. In de zomer

Afb. 1: Overzicht van spaarbekken de Lange Vlieter met de locatie van het scherm en het thermolock (links) en het detailontwerp van thermolock (rechts).



van 2003 wordt een diffusor geplaatst bij het inlaatwerk van het analysebekken. Met deze diffusor wordt tegengegaan dat het water een te nauw stroomprofiel volgt en binnen een halve dag de overzijde van het analysebekken en de locatie van het thermolock bereikt.

Op 25 februari 2004 wordt opnieuw een inspectie uitgevoerd door een duikploeg. De gehele thermolock-constructie blijkt nu tot op de bodem gezakt en ligt in zijn geheel schuin in het slib. De in juni 2003 nog aanwezige doorstroomopening is vrijwel geheel opgevuld. Er stroomt vrijwel geen water meer door de doorstroomopeningen van het analysebekken naar het hoofdbekken.

Vanaf 5 maart 2004 vindt waterinname plaats via de naastgelegen Boschmolenplas, rechtstreeks in het hoofdbekken. Vervolgens start op 17 maart 2004 de verwijdering van slib rondom het scherm. De verwachte hoeveelheid slib die verwijderd moet worden bedraagt 260 tot 300 kubieke meter (nat slib). Bij het verwijderen blijkt dat ook dunne zandlagen tussen het slib aanwezig zijn. Op 26 maart 2004 wordt het doek van het thermolock losgemaakt en met behulp van drijvers omhoog gehouden. Aan de hoofdbekkenzijde zit aan de binnenkant van de plooiën een behoorlijke hoeveelheid mossen (20 à 30 kilo per meter met een onderwatergewicht van 7 à 10 kilo per meter). Op 4 april 2004 wordt het thermolock verwijderd en het doek definitief naar boven toe vastgezet met touwen en drijvers.

Stromingsanalyse

Als eerste stap naar een oplossing zijn de mechanismen geanalyseerd die stroming van water door de gaten van het scherm (met of zonder thermolock) veroorzaken. In dit geval zijn dat de inlaat van water in analysebekken en onttrekking van water uit hoofdbekken, windeffecten (op- en afwaaiing, golven, verplaatsing van scherm) en temperatuursverschillen.

Inlaat van water

De uitwisseling tussen het analysebekken en het hoofdbekken ten gevolge van de inlaat en onttrekking van water is geanalyseerd via een zogeheten kombergingsbenadering met twee bekkens. Daarbij is aangenomen dat geen uitwisseling bestaat ten gevolge van temperatuurverschillen of windeffecten. Dit model laat zien dat de snelheid door de gaten blokvormig varieert gedurende de dag en min of meer het verloop volgt van het inlaatdebiet (zie afbeelding 2). Deze respons is het gevolg van het grote verschil in wateroppervlak tussen het analysebekken en het hoofdbekken. Het debiet door de gaten van het scherm is 's nachts ongeveer één kubieke meter per seconde, terwijl het overdag kleiner is.

Windeffecten

De invloed van de wind kan de stroomsnelheid in de gaten van het scherm wijzigen. Hierbij kunnen verschillende effecten optreden: op- en afwaaiing, golfwerking en verplaatsing van het flexibele scherm door plotselinge verandering van de windrich-

ting. Uit (theoretische) berekeningen blijkt dat het uitwisselingsdebiet door op- en afwaaiing kan variëren van 0,7 kubieke meter per seconde bij weinig wind (Bf 3) tot 2,2 kubieke meter per seconde bij forse wind (Bf 7). De invloed van golven op het uitwisselingsdebiet en de snelheid nabij de bodem blijkt verwaarloosbaar klein vanwege de beperkte golfhoogte en -periode (respectievelijk maximaal 20 cm en 1,3 seconde bij Bf 7) en de grote waterdiepte. Verplaatsingen van het scherm bij het plotseling draaien van de wind is geschat op maximaal één kubieke meter per seconde. Daarbij is ervan uitgegaan dat het scherm van de ene uiterste naar de andere uiterste positie verplaatst in ongeveer een halve dag. De uitwisseling bij wind treedt op ongeacht de aanwezigheid van een thermolock.

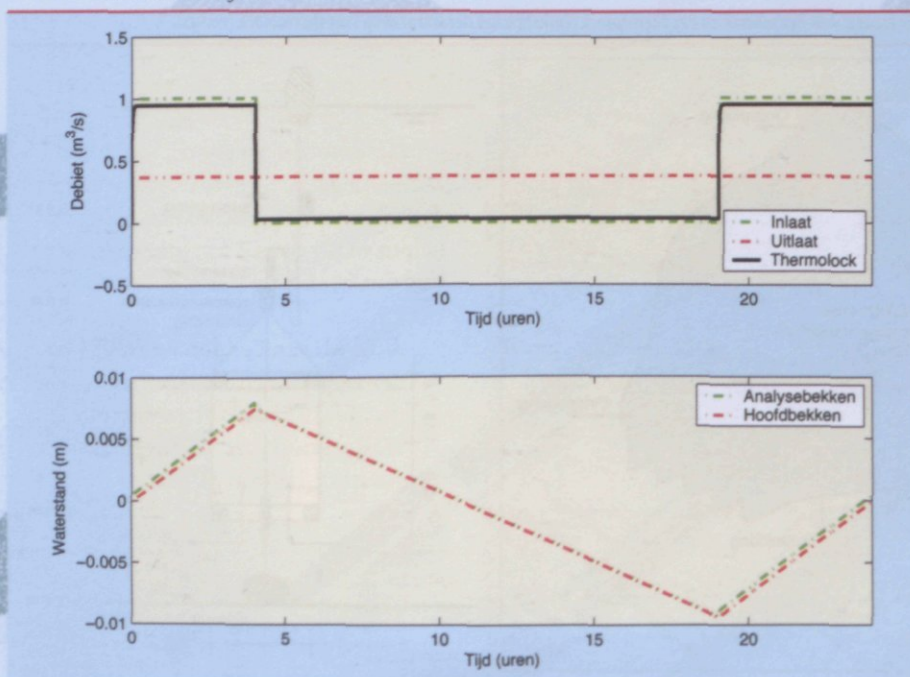
Temperatuuereffecten

Metingen van WML hebben laten zien dat het analysebekken gemiddeld een hogere temperatuur heeft in de lente en zomer, tot soms wel vijf graden. Het hoofdbekken daarentegen heeft soms een wat hogere temperatuur in de herfst en winter. Ook worden grote temperatuurverschillen tussen de onderzijde en de bovenzijde van de gaten gemeten. Gebaseerd op een gemiddeld temperatuurverschil van circa drie graden is het uitwisselingsdebiet (zonder thermolock) berekend op 0,2 kubieke meter per seconde. Mét thermolock zal geen uitwisseling plaatsvinden als gevolg van temperatuurverschillen.

Deze analyse van de stromingsmechanismen is grotendeels bevestigd aan de hand van snelheidsmetingen in de gaten van het scherm tussen maart en mei 2005. De metingen laten inderdaad zien dat de stroming in de gaten van het scherm direct reageert op het aan- en uitzetten van de inlaat van water uit de Maas. Allerlei fluctuaties in de stroomsnelheid zijn zichtbaar, die gerelateerd kunnen worden aan de optredende windsnelheid en -richting in deze periode.

De extra uitwisseling ligt in de orde van 0,3-0,4 kubieke meter per seconde (bij Bf 3 of 4). Dit uitwisselingsdebiet ligt beduidend lager dan de waarden op basis van de theorie, waarschijnlijk als gevolg van de aanwezige bossen rondom De Lange Vlieter. Desalniettemin blijkt dat deze uitwisseling bij relatief weinig wind al tweemaal zo groot is als de uitwisseling ten gevolge van alleen de verschillen in temperatuur. Dat geeft aan dat bij hogere windkracht de uitwisseling ten gevolge van wind dominant is ten opzichte van temperatuurverschillen.

Afb. 2: Modelberekening van de tijdsafhankelijke variatie van het debiet door het thermolock en de waterstand in het hoofdbekken en het analysebekken ten gevolge van de inlaat van Maaswater en onttrekking van water in het hoofdbekken.



Oorzaken aanslibbing

Vervolgens is gekeken naar de oorzaken van de aanslibbing rondom het thermolock. Uit analyse van de slibimport blijkt dat de hoeveelheid aanslibbing veel groter is dan de slibimport vanuit de Maas. Dit betekent dat de aanslibbing met name veroorzaakt wordt door slib en zand dat vanaf de bodem van het analysebekken erodeert. De waargenomen aanslibbing met dunne zandlaagjes rondom het thermolock geeft aan dat relatief sterke stroomsnelheden moeten optreden, omdat zand pas bij hogere snelheden wordt opgewerveld van de bodem. Bij erosie van slib en zand van de bodem van het analysebekken is het van belang onderscheid te maken tussen de situatie met en zonder thermolock én de situatie zonder en met windeffecten (zie afbeelding 1).

In de situatie zonder thermolock vindt de aanstroming van water plaats op ongeveer 4,5 meter boven de bodem. In een volledig gemengde situatie zal de aanstroming zich verspreiden over de gehele waterkolom. Het aanstroomoppervlak is hierdoor veel groter. Dit oppervlak is globaal de breedte van het thermolock $\times$ waterdiepte (circa $17 \times 10 \text{ m}^2$). De dieptegemiddelde stroomsnelheid ligt in de orde van mm/s (zonder wind) en enkele cm/s (met windeffecten). Omdat deze snelheid veel kleiner is dan de kritische snelheid voor slib- en zanderosie*** is het niet waarschijnlijk dat slib en zand vanaf de bodem van het analysebekken in een situatie zonder thermolock zullen eroderen.

In de situatie met thermolock stroomt het water aan langs de onderzijde van het analysebekken (zie schema). De opening aan de onderzijde van het thermolock is 17 bij 1 meter breed. De aanstroomsnelheid aan de onderzijde is dus 0,025 m/s (zonder wind) en 0,15 m/s (met forse wind). Omdat de stroomsnelheid geconcentreerd is bij de bodem, is het snelheidsprofiel afwijkend van een normaal logaritmisch profiel. De maximale bodemschuifspanning wordt geschat op 0,04 N/m² (zonder wind) en 1,4 N/m² (met wind). Zeker in de situatie met relatief veel wind is de bodemschuifspanning dus veel hoger dan de kritische schuifspanning van zand en slib. Hierdoor zal in die situatie veel slib en zand van de bodem meegenomen kunnen worden en weer bezinken achter het scherm. Vanwege de netto stroming richting het hoofdbekken is het logisch dat aan die zijde de meeste sedimentatie plaatsvond.

Op basis van het bovenstaande is geconcludeerd dat de sterke aanslibbing zeer waarschijnlijk het gevolg is van stroomcontractie nabij de bodem door de aanwezigheid van de thermolock in combinatie met windeffecten. Gelet op de relatief grote uitwisseling bij wind ten opzichte van de uitwisseling bij temperatuurverschillen is besloten om het thermolock definitief te verwijderen aangezien het de uitwisseling ten gevolge van de wind niet voorkomt.

Oplossingen

Door WML is als uitgangspunt gesteld dat de aanslibbing niet meer mag optreden

en dat bij calamiteiten de uitwisseling tussen hoofdbekken en analysebekken zo klein mogelijk moet zijn. Ook wil WML het flexibele scherm handhaven als scheiding tussen hoofdbekken en analysebekken.

Twee concept-oplossingen met elk twee alternatieven zijn daarbij in beschouwing genomen:

- Gaten in het scherm handhaven als open verbinding tussen het analyse- en hoofdbekken. Voor de situatie bij calamiteiten is het noodzakelijk een voorziening te treffen dat de gaten in het scherm gesloten kunnen worden in combinatie met een stroming vanuit het hoofdbekken naar het analysebekken, welke kan worden opgewekt door via de bestaande verbinding tussen Boschmoltenplas en hoofdbekken water in te laten en water op het Lateraalkanaal af te laten;
- Gaten in het scherm afsluiten (met pvc of op een andere manier) en een omloop maken tussen het analyse- en hoofdbekken. Bij die omloop gebruik maken van de bestaande omloop met een diameter van 900 mm (a) of het aanleggen van een nieuwe omloop (b).

Deze oplossingen zijn geëvalueerd op basis van de risico's tijdens operationeel beheer en tijdens calamiteiten, het beheer en onderhoud en de kosten. Uit de evaluatie komt naar voren dat het handhaven van de gaten in het scherm en alleen sluiten bij calamiteiten veel goedkoper is en qua uitvoering en operationeel beheer minder risico's heeft. Een aandachtspunt is wel de situatie bij calamiteiten, aangezien een duikploeg snel gemobiliseerd moet worden om de sluiting te realiseren. Voor deze sluiting is daarom een uitgebreid protocol opgesteld. In april van dit jaar is met succes een proef gehouden voor de sluiting van het scherm volgens dit protocol. Tevens is geconstateerd dat rondom het scherm geen aanslibbing meer plaatsvond. Daarmee zijn de problemen rondom de aanslibbing verholpen en is weer een continue bedrijfsvoering van WML gegarandeerd. ☛

**dr.ir. M. van Ledden en ir. T. van der Laan (Royal Haskoning)
ing. M. Juhász-Holterman en
W. Kessels (Waterleidingmaatschappij Limburg)**

Flexibel scherm met links het analysebekken en rechts het hoofdbekken van de Lange Vlieter (foto: Albers Alligator).



NOTEN

* WL/Delft Hydraulics (1998). Handboek Zoetwaterslib.

** Van Rijn L. (1993). Principles of sediment transport in rivers, estuaries, coastal seas. Aqua Publications.