



Boostergemaal zorgt voor uitbreiding capaciteit AWZI-leiding

IR. M. WAUBEN, WITTEVEEN + BOS

ING. A. RETERINK, WITTEVEEN + BOS

ING. T. VAN AKEN, HOOGHEEMRAADSCHAP VAN DELFLAND

Het afvalwater uit Zoetermeer, Nootdorp, Leidschendam, Voorburg en delen van Den Haag wordt via een hoofdtransportleiding, de Zoetermeerleiding, getransporteerd naar de afvalwaterzuiveringsinstallatie Houtrust. Het aanbod van afvalwater zal de komende jaren flink toenemen door onder meer de ontwikkeling van Vinex-locaties in dit gebied. Totdat de nieuwe zuiveringsinstallatie Harnaschpolder ingebruikgenomen wordt, moet voor de afvoer van het afvalwater de capaciteit van de Zoetermeerleiding vergroot worden. Omdat sprake is van een tijdelijke situatie is de aanleg van nieuwe leidingen ongewenst. In de definitieve situatie voldoet de capaciteit van de bestaande leiding. De noodzakelijke uitbreiding gaat nu gerealiseerd worden door een boostergemaal. De besturing van dit gemaal moet ervoor zorgen dat alle via de hoofdtransportleiding afvoerende gemalen altijd de gewenste afvoer kunnen realiseren. In de toekomstige situatie zijn zeven grote gemalen aangesloten op de Zoetermeerleiding.

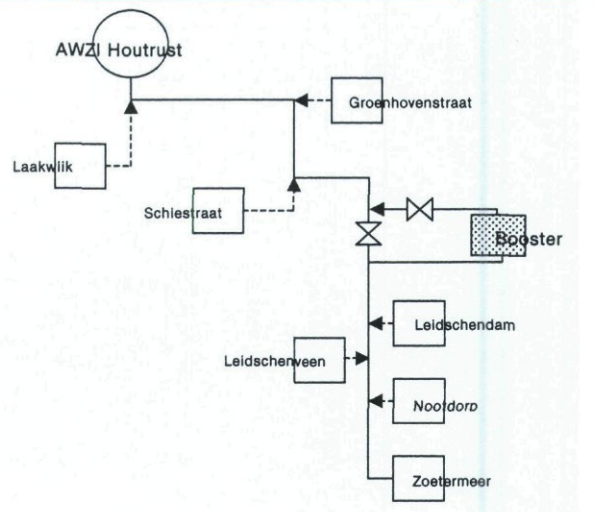
Voor de uitbreiding van de zuiveringscapaciteit is zoals bekend een nieuwe AWZI Harnaschpolder in de gemeente Schipluiden gepland. In 2004 moet die functioneren. Dan zal dus een deel van het afvalwater uit het beschouwde gebied naar Harnaschpolder worden getransporteerd en dus niet meer via de huidige hoofdtransportleiding worden afgevoerd naar de AWZI Houtrust.

In de tijdelijke situatie, wanneer de capaciteit van de Zoetermeerleiding in hoge afvoersituaties in regenweeromstandigheden onvoldoende is, zou de druk in de leiding te hoog op kunnen lopen. Hierdoor kunnen de bovenstrooms gelegen gemalen niet het gewenste debiet leveren. Bij normale doorg weer-afvoer kunnen alle gemalen wel het gewenste debiet leveren.

Om ervoor te zorgen dat alle gemalen bij regen voldoende capaciteit kunnen leveren dient de druk bovenstrooms in de leiding te worden verlaagd. Voor het verlagen van de druk in de leiding is een drietal oplossingen overwogen: aanleg van nieuwe leidingen, verlagen hydraulische weerstand door polymeerdosering en de aanleg van een boostergemaal.

Gekozen is dus voor aanleg van een boostergemaal, in Voorburg ongeveer halver-

Afb. 1 Het hydraulische systeem met boostergemaal.



wege het traject tussen Zoetermeer en Houtrust. Het alternatief van polymeer-dosering is afgevallen, omdat de effecten daarvan op dit moment onvoldoende bekend zijn.

Het hydraulische systeem met boostergemaal is schematisch weergegeven in afbeelding afbeelding 1.

In afbeelding 2 is schematisch weergegeven hoe door het toepassen van een boostergemaal, een groter debiet kan worden gerealiseerd. Dit blijkt uit het steilere verhang van de bovenste lijn. Het verhang in een persleiding wordt bepaald door het debiet.

De gemalen bovenstrooms van het boostergemaal krijgen een grotere capaciteit ten gevolge van de drukverlaging ten opzichte van de situatie zonder boostergemaal, zie pijl A in afbeelding 2.

Benedenstrooms van het boostergemaal zal de druk toenemen ten opzichte van de huidige situatie, als gevolg van de grotere afvoercapaciteit (pijl B). Om te bereiken dat de gemalen benedenstrooms de gewenste debieten leveren, zullen de toerentallen van deze gemalen, na ombouw van de gemalen, worden verhoogd. De ontwerp berekeningen voor het boostergemaal zijn gebaseerd op voorlopige pompcurven voor de toekomstige situatie.

Inpassing

De toepassing van een boostergemaal in een grote afvalwatertransportleiding waarop meerdere gemalen zijn aangesloten, is een unieke situatie. Het tijdelijke karakter vormt een randvoorwaarde voor het ontwerp van het boostergemaal. Bovendien moet het gemaal en de besturing zodanig worden ontworpen dat het voldoet aan de eisen die door de bestaande leiding worden gesteld, zoals een bovengrens aan de druk in de leiding van 400 kPa.

Omdat het boostergemaal alleen tijdens omstandigheden met een hoge afvoer wordt ingezet, wordt het parallel aan de huidige leiding gerealiseerd (zie afbeelding 1). In normale afvoersituaties zal het gemaal afgeschakeld zijn. Het is dan afgekoppeld van de doorgaande leiding. Naar verwachting zal het gemaal slechts 10 procent van de tijd in bedrijf zijn.

Wanneer de debieten in de leiding toenemen, wordt op gegeven moment het punt bereikt dat de gemalen niet meer de gewenste afvoer kunnen realiseren. Op dat moment dient het boostergemaal te worden ingeschakeld. Tijdens de opstartprocedure wordt de doorgaande hoofdtransportleiding afgesloten en worden de afsluiters van het boostergemaal geopend.

Wanneer vervolgens de zeven gemalen minder afvalwater naar de Zoetermeerleiding persen, zal de druk in de leiding afnemen. Als de druk voldoende is gedaald, kan het boostergemaal worden afgeschakeld. Dan worden de afsluiters achter de boosterpompen gesloten en de afsluiter in de doorgaande leiding geopend.

Besturing

Het boostergemaal zal automatisch worden bestuurd. Deze besturing moet ervoor zorgen dat nergens in de hoofdtransportleiding te hoge drukken optreden, geen waterslag voorkomt en alle gemalen het gewenste debiet kunnen realiseren. Dit gebeurt door het tijdig inschakelen van het boostergemaal, het regelen van de afvoercapaciteit op basis van de druk (die wordt bepaald door het wateraanbod) en het tijdig afschakelen van het boostergemaal.

Met behulp van het computerprogramma WANDA dat het dynamische verloop van drukken en debieten in leidingsystemen berekent, is het hydraulisch ontwerp van het boostergemaal gemaakt en is de besturing van het boostergemaal ontworpen. Daarnaast is een waterslaganalyse uitgevoerd.

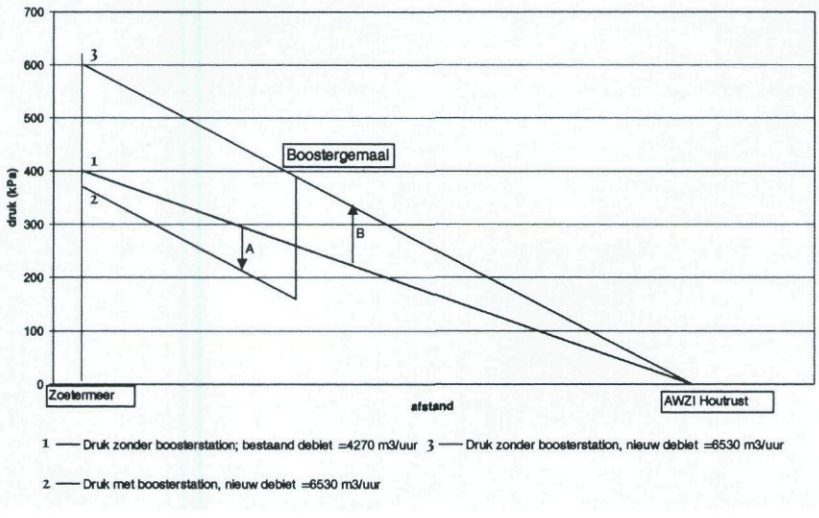
Vanwege het feit dat het een tijdelijk gemaal betreft, is gekozen voor een eenvoudige lokale besturing op basis van drukmetingen bij het boostergemaal en niet voor een centrale besturing van het boostergemaal en de andere gemalen. De lokale regeling van het boostergemaal is schematisch weergegeven in afbeelding 3.

Het in- en uitschakelen van het boostergemaal gebeurt door regelaar 1. Dit geschiedt op basis van de gemeten druk p_1 bovenstrooms van het gemaal. Aan de hand van een hydraulische analyse van de hoofdtransportleiding met de gemalen is de druk p_1 bepaald waarbij alle bovenstroomse gemalen het gewenste (maximale) debiet kunnen leveren. Deze druk fungeert als 'setpoint' voor het boostergemaal.

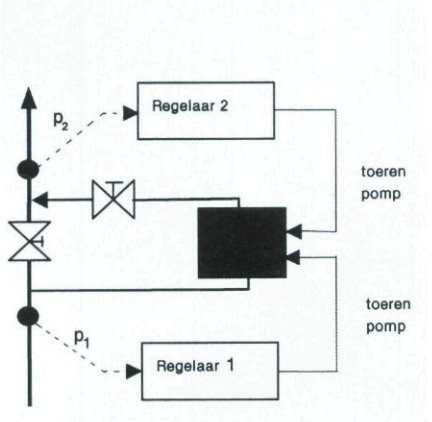
Om te voorkomen dat het boostergemaal te frequent in- en uitschakelt, dient de inschakeldruk iets boven dit 'setpoint' te liggen en de uitschakeldruk iets beneden dat punt, analoog aan het inschakel- en uitschakelpeil in een zuigkelder. De boosterpompen zullen starten en stoppen met een laag toerental.

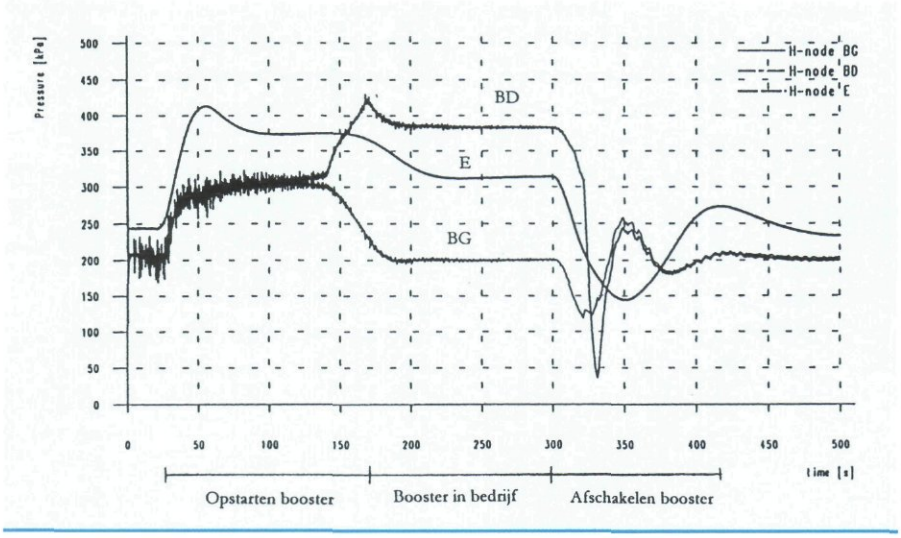
Als het boostergemaal in bedrijf is, wordt het toerental van de boosterpompen geregeld op basis van het verschil tussen de gemeten druk en het 'setpoint' van regelaar 1. Omdat in deze bedrijfsituatie de drukken benedenstrooms van het gemaal hoger zijn dan bovenstrooms, dient de leiding benedenstrooms beveiligd te worden tegen te hoge drukken. Dit gebeurt door de tweede regeling, op basis een drukmeting benedenstrooms van het boostergemaal.

Afb. 2 Principe van een boostergemaal.



Afb. 3 Schematische weergave pompbesturing.





Afb. 4 *Drukverloop bij boostergemaal en gemaal Zoetermeer * node BG: meetpunt bovenstrooms van het boostergemaal, ten behoeve van het in- en uitschakelen van het boostergemaal.*
** node BD: meetpunt benedenstrooms van het boostergemaal ten behoeve van de overdrukbeveiliging.*
** node E: drukverloop bij gemaal Zoetermeer.*

Integratie van de twee regelingen

De pomp wordt bestuurd aan de hand van twee gemeten drukken. Op basis van deze twee besturingssignalen dient één toerental te worden opgelegd aan de pompen. Dit wordt gerealiseerd door het laagste van de door beide regelaars berekende toerentallen als besturingssignaal aan de pompen op te leggen:

- berekend toerental regelaar 1 = functie van ('setpoint' 1 - gemeten druk p^1)
- berekend toerental regelaar 2 = functie van ('setpoint' 2 - gemeten druk p^2)

De 'setpoints' zijn zodanig gekozen dat in een stationaire situatie bij het maximale ontwerpdebiet de druk p^2 lager is dan 'setpoint' 2. In deze stationaire situatie geldt dat de druk p^1 gelijk is aan 'setpoint' 1. Het berekende toerental van regelaar 1 is daardoor doorgaans kleiner dan dat van regelaar 2. Alleen in een niet stationaire situatie kan het voorkomen dat het door regelaar 2 berekende toerental lager is dan dat berekend is door regelaar 1. Door altijd het laagst berekende toerental op te leggen aan de pompen, wordt bewerkstelligd dat de gewenste drukregeling ontstaat met een overdrukbeveiliging. Dit is weergegeven in afbeelding 4.

Om te voorkomen dat de pompen te snel reageren op kleine verstoringen in de gemeten druk, worden de gemeten druksignalen gefilterd. Op deze manier worden kortstondige wisselingen in het toerental onderdrukt en wordt een stabielere regeling verkregen.

Opstarten en afschakelen

Naast de instelling van de beide regelaars is bijzondere aandacht geschonken aan de opstart- en de afschakelprocedure. Op basis van de berekeningen met het computermodel zijn, aan de hand van het berekende drukverloop, eisen voor de besturing van met name de afsluiter in de doorgaande leiding en van de afsluiters achter de boosterpompen opgesteld. Dit is essentieel voor een goed drukverloop in de leiding en van de boosterpompen tijdens de opstart- en afschakelprocedure en ter voorkoming van waterslag.

De procedure voor opstarten en afschakelen van het boostergemaal is gebaseerd op onderstaande randvoorwaarden en eisen:

- De open- en sluittijden van de afsluiters. De open- en sluittijd van de grote afsluiter in de doorgaande leiding (ø 1200) is maatgevend;
- De hoofdtransportleiding mag nooit geheel zijn afgesloten;
- De boosterpompen moeten binnen het toelaatbare werkgebied blijven ter voorkoming van cavitatie.

Bij het opstarten zullen de boosterpompen met een laag toerental worden gestart, waarbij de afsluiters zo worden geopend dat voldoende tegendruk bij de pompen blijft ter voorkoming van cavitatie. De afsluiter in de doorgaande hoofdtransportleiding wordt vervolgens gesloten. Als deze afsluiter bijna dicht is, worden de afsluiters van de boosterpompen verder geopend en de regelaars 1 en 2 ingeschakeld die het toerental van de pompen verder laten oplopen.

Zodra de gemeten druk p^1 lager wordt dan de uitschakeldruk, wordt de afschakelprocedure doorlopen. Bij deze procedure wordt eerst de afsluiter in de doorgaande hoofdtransportleiding geopend. Pas als deze afsluiter voldoende ver geopend is, worden de boosterpompen afgeschakeld en de afsluiters gesloten. De pompen zijn tijdens de afschakelprocedure door de drukregeling reeds langzamer gaan draaien.

Resultaten computerberekeningen

Voor de besturing van de boosterpompen, de kleppen en de afsluiters is zoals gezegd gebruik gemaakt van de meet- en regelmodule van het computermodel WANDA. In deze module kunnen de regelalgoritmes worden geprogrammeerd zodat een waarheidsgetrouwe simulatie kan worden uitgevoerd van het persleidingensysteem en de automatische besturing.

Het blijkt dat het boostergemaal goed bestuurd kan worden met behulp van een lokale regeling. De resultaten van een controleberekening zijn opgenomen in afbeelding 4. In deze controleberekening is een periode met hoge afvoer gesimuleerd. Hierbij nemen de debieten in de Zoetermeerleiding eerst toe, waardoor het boostergemaal wordt ingeschakeld. Na een tijd nemen de debieten weer af en wordt het boostergemaal afgeschakeld. De inschakel- en uitschakelprocedure zijn in het computermodel geprogrammeerd.

In afbeelding 4 is het drukverloop weergegeven op de meetpunten van het boostergemaal en bij het rioolgemaal Zoetermeer. Hier treden, samen met het boostergemaal, de grootste drukken op in de persleiding.

Uit de berekeningen blijkt dat het mogelijk is de gewenste capaciteitsuibreiding te realiseren door een boostergemaal in te zetten. Op deze wijze wordt op een uitgekiende en efficiënte manier gebruik gemaakt van de mogelijkheden van een bestaand systeem.