



Boostergemalen in aanvoerstelsel nieuwe rwzi Amsterdam West

GER VERWOERT, DIENST WATERBEHEER EN RIOLERING, SECTOR INGENIEURSBUREAU

In het westelijk havengebied van Amsterdam (Westpoort) wordt een nieuwe rioolwaterzuiveringsinstallatie gebouwd, de rwzi Amsterdam-West. Deze krijgt een capaciteit van circa 1.000.000 v.e. en gaat twee van de drie bestaande rwzi's in Amsterdam vervangen: de rwzi's Amsterdam-Oost en -Zuid. Opdrachtgever is het hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht. Om de nieuwe rwzi aan te sluiten op het Amsterdamse rioleringsstelsel moet 42 kilometer nieuwe persleiding worden gelegd. Dat gebeurt in twee leidingstrengen naar Westpoort, één van Amsterdam-oost via -noord en één van Amsterdam-zuid via -west. In dit leidingstelsel moeten vier nieuwe gemalen worden gebouwd en 40 andere gemalen in de bestaande leidingstelsels aangepast. Leidingstelsel en gemalen worden samen aangeduid als het aanvoerstelsel van de nieuwe rwzi. Opdrachtgever voor het aanvoerstelsel is de gemeente Amsterdam. Op het eerste gezicht geen groot nieuws, maar deze rioolgemaal, met capaciteiten tussen 5.750 en 17.010 kubieke meter per uur, worden uitgevoerd als boostergemaal, in het baggerbedrijf en de petrochemische industrie een doodnormaal gegeven, maar in de afvalwaterwereld en met deze capaciteiten toch wel revolutionair te noemen.

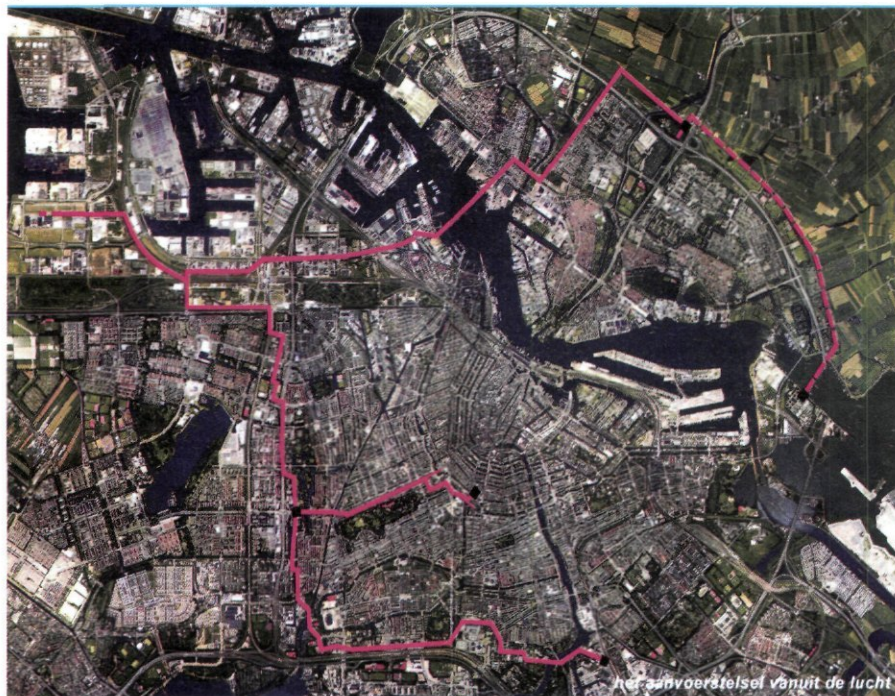
Het Amsterdams afvalwater wordt verzameld in verschillende rioolsystemen, bestaande uit zowel gescheiden als gemengde stelsels. Daardoor kunnen zeer sterke fluctuaties optreden in het aanbod van afvalwater. Het transport vindt, zover als mogelijk, onder vrij verval plaats in de richting van de (bestaande) rwzi's. Met behulp van een groot aantal rioolgemalen en persleidingen wordt het ingezamelde afvalwater uiteindelijk naar de drie bestaande rwzi's Amsterdam-Oost, -Zuid en Westpoort gevoerd.

Vlak bij de rwzi Amsterdam-Oost wordt IJburg gebouwd en de omgeving van de rwzi Zuid ontwikkelt zich in snel tempo tot een hoogwaardige kantorenlocatie. Bij beide past niet de geur van afvalwater. Bovendien voldoen beide rwzi's niet meer aan de (aangescherpte) milieueisen van het Rijk.

Ter vervanging wordt een nieuwe rwzi aan de andere kant van de stad gebouwd. Omdat ligging en afschot van het rioolstelsel niet kunnen worden aangepast, moeten twee grote persleidingen (diameters tot maximaal 1.800 mm) van de 'oude' naar de nieuwe plek uitkomst brengen. Aan het begin en in het midden van iedere persleiding moeten nieuwe gemalen worden gebouwd. Bijgaande luchtfoto geeft de

ligging van de tracés weer. Duidelijk komt naar voren dat een aantal grote waterwegen, snelwegen en spoorbanen moet worden gekruist.

Afb. 1: Het nieuwe persleidingtracé.



Voor dit megaproject, met de naam A-4, heeft DWR een projectbureau ingesteld, Pb A-4. Het gehele project moet op 1 januari 2006 operationeel zijn. Binnen DWR wordt gebruikt gemaakt van de afdelingen Ingenieursbureau en Riolering Amsterdam. Verder is de sector Zuiveringsbeheer betrokken bij het project. Deze krijgt straks het beheer over de rioolwaterzuivering en de gemalen.

Uitgangspunten van nieuwe situatie

Het toekomstige afvalwateraanbod is door DWR vastgesteld op 280.000 kubieke meter per dag. Voor deze prognose tot 2030 is gekeken naar het geschatte drinkwaterverbruik, het Programma Ruimtelijke Investeringen Amsterdam en andere achtergronddocumenten. De noodzakelijke hydraulische capaciteit van beide persleidingen samen bedraagt 33.000 kubieke meter per uur.

De afvoerstructuur in de nieuwe persleidingen is: geen berging, maar pompen, ofwel doorpompen, van steeds groter wordende debieten. Het nieuwe persleidingtracé bestaat uit een

- zuid-west streng met twee nieuw te bouwen rioolgemalen (Zuid en West); onderweg pompen diverse andere rioolgemalen, waaronder twee grote, direct in de persleiding en
- oost-noord streng, eveneens met twee nieuw te bouwen rioolgemalen (Oost en Noord); ook hier pompen onderweg diverse bestaande rioolgemalen rechtstreeks op de nieuwe persleidingen.

Om aanpassing van de bestaande rioolgemalen met bijbehorende persleidingen zoveel mogelijk te beperken is besloten om, zover mogelijk, gebruik te maken van bestaande aanvoerstelsels. Bezien wordt nog of hergebruik van civiele constructies en elektrische installaties mogelijk en eventuele, beperkte vervanging van mechanische installaties noodzakelijk is. Bestaande gemalen moeten via de kortste weg op de nieuwe persleiding worden aangesloten en tijdens het omschakelen van de oude naar de nieuwe situatie moet onder alle omstandigheden afvoer naar de nieuwe rwzi Amsterdam West plaats kunnen vinden. Gerenoveerde en/of nieuwe gemalen moeten voldoen aan een technische levensduur van: elektrisch 15 jaar, mechanisch 25 jaar en civieltechnisch 40 jaar.

- Bij de vaststelling van de tracés van het aanvoerstelsel is aandacht besteed aan de volgende aspecten:
- rioolwater vanaf plek huidige rwzi's direct doorpompen naar nieuwe rwzi;
 - mogelijkheden tot hergebruik van bestaande persleidingstracés,
 - in persleidingstelsel geen berging;
 - geen locale overstort bij nieuw te bouwen gemalen;
 - in geval van calamiteit berging in voorliggende rioolstelsels benutten;
 - beperken van hoge werkdrukken in persleidingen;
 - geen toepassing van een influentgemaal op nieuwe rwzi.

Systeemkeuze

Een traditioneel rioolgemaal met ontvangkelder en droog of nat opgestelde pompen is een beproefd concept. Het afvalwater wordt gepompt in een hoger gelegen rioolstelsel of doorgepompt naar een volgend gemaal met een weer grotere ontvangkelder. Bij een calamiteit aan een rioolgemaal kan de afvoer niet meer (volledig) worden gegarandeerd. Dan wordt allereerst de berging in voorliggende rioolstelsels benut om de periode van beperkte afvoer te overbruggen. Omdat in de nieuwe situatie de mogelijkheid van locale overstort ontbreekt, moet een nieuw te bouwen traditioneel gemaal over een omvangrijke 'eigen' berging beschikken, gezien de aanwezigheid van gemengde stelsels. Ervaring leert, dat bij calamiteiten een 5-minutenberging wenselijk is.

Voor de nieuwe rioolgemalen Zuid en Oost zou dit een ontvangkelder van circa 500 kubieke meter netto betekenen, voor rioolgemaal Noord is dat twee keer zoveel en voor rioolgemaal West zelfs drie keer. Dergelijke omvangrijke gemalen zijn doorgaans stedenbouwkundig slecht in te passen in een bestaande omgeving. Bovendien is bouwen van zoveel volume prijzig. Hieruit blijkt, dat het bouwen van vier nieuwe rioolgemalen met een ontvangkelder mogelijk niet de meest optimale keus was. Als alternatief werd gedacht aan een gesloten stelsel zonder eigen berging, dus - booster.

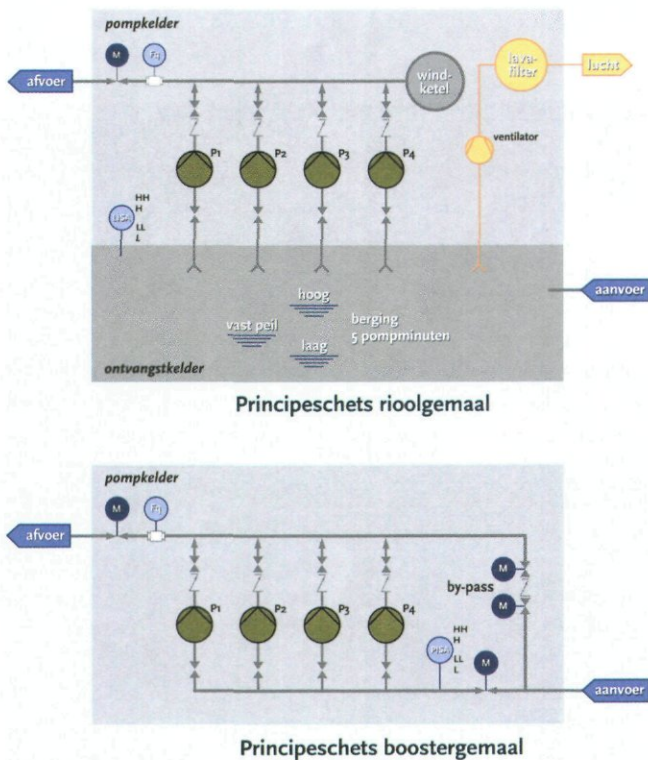
Bij de drinkwatersector, het baggerbedrijf en de petrochemische industrie wordt al jaren

het pompprincipe 'boosteren' toegepast: het versterken van de opvoerhoogte met een pomp in een gesloten circuit. Bij een boostergemaal belandt het water niet meer in een kelder, maar komt het met voordruk direct in de zuigleiding van een volgende pomp. Deze techniek is echter nooit eerder benut voor grootschalige afvoer van afvalwater. Zijn andere toepassingen doorgaans vraaggestuurd geregeld, een rioleringsysteem is aanbod gestuurd. De benodigde locale besturing is bij vraaggestuurde regeling vrij eenvoudig; er is een (oneindig) reservoir, waarmee de booster een netwerk op druk houdt en bij enkelvoudig transportsysteem is een aan/uit-regeling vaak al voldoende.

Hydraulische en hydrodynamische aspecten bij het toepassen van boostergemalen, in combinatie met bestaande rioolgemalen, moeten nauwkeurig worden bekeken. Daarbij spelen beschikbare pomptechnieken, besturingstechnieken, meet- en regeltechniek, instrumentatietechnieken en energetisch optimum, alsmede de betrouwbaarheid van al deze technieken een rol.

- DWR had op voorhand een duidelijke voorkeur voor de toepassing van boostergemalen. Die voorkeur had vooral te maken met de verwachte voordelen:
- economisch
- De bouw van boostergemalen is goedkoper door een geringer (ondergronds) bouwvolume; daarbij zijn pompkelders, geurbehandeling en waterslagketels overbodig;

Afb. 2: Schema pompprincipes.



Afb. 3: Ontwerpcapaciteiten.

Ontwerpcapaciteit rioolgemalen en rwzi Amsterdam West in 2030			
Toevoergemalen Zuid/West		cap. in l/s	
RG Laderhooftweg		523.9	
RG Arena (de Loper)		110.0	
RG cluster Borchland		6.7	
RG Flierbosdreef		365.4	
RG Dostojevskisingel		50.8	
RG Diemen		304.2	
RG Van Marwijk Kooijstraat		197.7	
RG cluster rwzi Zuid		33.2	
Totaal BRG Zuid		1591.9	
Booster Zuid		1592.0	
RG Kennedylaan		157.2	
RG Diepenbrockstraat		81.4	
RG v. Nijenrodeweg		180.2	
RG Vrije Universiteit		49.3	
RG Olympisch stadion		45.1	
RG Zuidas Noord/Zuid		153.8	
RG J. D. Meijerplein		0.0	
RG Rhijnspoorplein		705.1	
RG 1e weteringplantsoen		1759.7	
Totaal BRG West		4723.8	
rwzi _ rioolwaterzuiveringsinrichting			
RG _ rioolgemaal			
BRG _ boostergemaal			
DWR _ maart 2002			
Toevoergemalen Oost/Noord		cap. in l/s	
RG Zeeburgerdijk		1591.3	
RG Oostelijke handelskade		186.6	
RG Zeebuigeiland		133.3	
Totaal BRG Oost		1911.2	
Booster Oost		1911.0	
RG Akzo		5.0	
RG Randsdorp		2.7	
RG Buikslotermeerplein		227.3	
RG Waddendijk		36.6	
RG Meeuwenlaan		149.2	
RG Scheurleerweg		26.6	
RG Bleesinglaan		101.7	
RG Floraweg		250.7	
RG Appelweg		265.7	
Totaal BRG Noord		2976.5	
Toevoer rwzi Amsterdam West		m³/h/s	
BRG West (4723.8 l/s)		17010	
BRG Noord (2976.5 l/s)		10717	
RG Visseringstraat		976	
RG J. Catskade		327	
Aanvoer rwzi Amsterdam Westpoort		3000	
Diversen toekomst		970	
Totaal toevoer rwzi		33000	

- milieutechnisch
Geuremissies en nooduitlaten ontbreken door gesloten afvoersysteem;
- operationeel
Pieken in leidingdruk ontbreken en via de bypass is (geringe) afvoer altijd verzekerd;
- technisch
Modulaire ontwerp van pompen en gebouwen is mogelijk en geeft geringere opslag van reservemateriaal;
- energetisch
Besparing van energie is mogelijk, omdat water niet meer vanuit een ontvangkelder omhoog wordt gepompt.

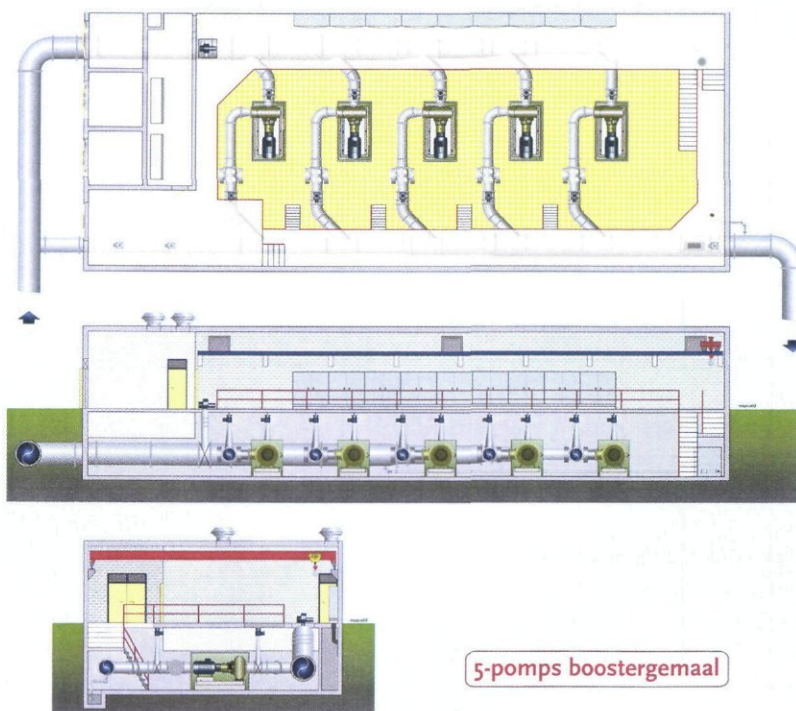
Onderzoek haalbaarheid booster-gemalen

Het onderzoek naar de haalbaarheid van boostergemalen begon met het zoeken naar referenties met boostertechniek in afvalwatertransport. Hiertoe werd een aantal landelijke ingenieursbureaus en collega-waterschappen bevroegd. Ervaring met boosters bleek er niet of nauwelijks te zijn. Nochtans was men wel van mening, dat booster van afvalwater pomptechnische goed realiseerbaar is, met als grootste voordeel het gesloten systeem. Daarbij is - in geval van storing aan de installatie - toch een beperkte afvoer door de bypass en pompen mogelijk.

Ook bij pompleveranciers bleek weinig ervaring te bestaan met grootschalig afvalwatertransportsystemen met boosters. Alle leveranciers gaven daarbij aan, dat pomptechnisch geen bijzondere problemen te verwachten zijn. Met andere woorden: het is goed realiseerbaar, maar besturingstechnisch niet eenvoudig. Interne en soms externe deskundigen, met een hoge expertise op hydraulische en hydrodynamische pompsystemen, stelden unaniem dat, met het voortschrijdend inzicht in mogelijkheden van de besturingstechniek (PLC met datacommunicatie), de toepassing van boosters in dezen mogelijk moet zijn.

Boostergemalen zijn naar keuze - zonder energieverlies - ondergronds of bovengronds te bouwen. Een ondergronds gemaal met droog opgestelde pompen en ontvangkelder is, nog afgezien van geurmaatregelen, duurder om te bouwen en energetisch niet wenselijk. De beperkte berging van zo'n gemaal en het ontbreken van overstortmogelijkheden maakt het noodzakelijk de toevoergemalen op afstand te kunnen terugtoeren of afzetten. Hiervoor is een snel datacommunicatienetwerk nodig.

Een bovengrondse boostergemaal vereist de laagste investering; een gelijkwaardig gemaal met een ontvangkelder is afhankelijk van de gekozen variant circa tien tot 15 procent duurder. Onder meer omdat een boostergemaal kan volstaan met een eenvoudiger pompstelling en een lager vermogen. Boven-



Afb. 4: Opbouw boostergemaal.

dien is door het gesloten systeem geen geurbehandeling noodzakelijk.

Aanvullende studie en modellering

Na het interne haalbaarheidsonderzoek zijn door Witteveen+Bos en Adviesbureau Berenschot Osborne aanvullende studies verricht naar, respectievelijk de hydraulische aspecten en de technische haalbaarheid en risico's van boostergemalen. Beide onderzoeken bevestigden het DWR-onderzoek naar het minste risico en de laagste kosten, maar stellen dat modellering de mogelijkheid van lokale besturing moest bevestigen. Modelleren van het aanvoerstelsel vereist hoge expertise in analyseren van hydraulische en hydrodynamische pompsystemen en veel ervaring met waterslagberekeningen.

Vanwege de complexiteit, de grote omvang en het hoge afbreukrisico is WL/Delft Hydraulics gevraagd antwoord te geven op twee vragen:

- Kunnen in de Amsterdamse situatie boostergemalen toegepast worden?
- Hoe moet de lokale besturing dan functioneren?

Een compleet onderzoek naar het antwoord op deze vragen is langdurig, intensief en kostbaar mede door zijn grote omvang, maar bovenal nuttig. Het Ingenieursbureau DWR heeft ruime ervaring met het softwarepakket Wanda (WL/Delft Hydraulics) en weet goed wat de (on)mogelijkheden van het 'eigen' riool-

stelsel zijn. Om die redenen kon de ontwerpfasen in Wanda door DWR zelf worden uitgevoerd. Resultaat daarvan waren zes deelsystemen, elk met digitale informatie omtrent het stelsel van pompinstallaties en persleidingen. Dat resultaat is begin augustus 2001 aan WL/Delft Hydraulics aangeboden ter analyse. Voor de resultaten van hun modellering wordt verwezen naar het hierna volgende artikel.

Opbouw boostergemaal

Op basis van verworven inzichten en verwachtingen is een voorlopig ontwerp gemaakt van een boostergemaal. Daarbij is uitgegaan van een situatie, waarin capaciteit en motorvermogen van alle pompen in alle boostergemalen identiek zijn. De capaciteit van een boostergemaal wordt in principe bepaald door het aantal pompen en de frequentieomvormers. Elk boostergemaal krijgt tevens een bypass, gelijk aan de maximale capaciteit van één pomp. Ook alle benodigde appendages en terugslagkleppen aan zuig- en perszijde van de pompen en de bypasses zijn identiek van afmeting. De inkomende persleiding en uitgaande persleiding krijgen een minimale gronddekking; leidingen en afsluiters variëren in diameter, afhankelijk van het totale gemaaldebiet. Afsluiters zijn vanwege de grote afmeting en het bedieningsgemak elektrisch bediend.

Conclusie

De conclusie van alle onderzoeken is dat bij de huidige inzichten het toepassen van boostergemalen energetisch, milieu- en kos-

tenttechnisch de beste oplossing is. Het is ook pomptechnisch goed realiseerbaar, met als grote voordelen:

- een gesloten systeem zonder eigen overstorten;
- bij storing aan de pompinstallatie toch een - beperkte - afvoer door bypass en pompen mogelijk;
- geen waterslagketels bij boostergemalen nodig.

Toepassing van boosters is hydraulisch, meet- en regeltechnisch en besturingstechnisch dus haalbaar. In alle gevallen zijn boosters in staat om de gewenste zuigdruk te regelen, zonder slingereffecten; die regeling kan plaatsvinden op alléén zuigdrukregistratie. Boosters zijn, doordat het afvalwater gedurende het gehele transport naar de rwzi onder druk blijft, zonder energieverlies, ondergronds of bovengronds toe te passen. Een bijkomend voordeel is nog, dat de toepassing van boostergemalen het weglaten van het influentgemaal op de nieuwe rwzi eenvoudiger maakt. In samenwerking met andere, traditionele rioolgemalen kan het afvalwater direct naar het hoogste punt (de verdeler op 10,5 m +NAP) van de rwzi Amsterdam-West worden gepompt.

In november 2001 besloot DWR de persleidingen van het aanvoerstelsel naar de nieuwe rwzi Amsterdam West uit te voeren met vier boostergemalen. Amsterdam steunt, na aanvankelijke scepsis over deze 'niet-bewezen' techniek, deze keus met een beschikbaar gesteld krediet. Ook Senter ziet (energie)voordelen en drukt dat uit door toezegging van een subsidie over de ontwikkelingsfase.

Inmiddels is ook besloten het aanvankelijk geplande influentgemaal van de nieuwe rwzi niet te realiseren. De taak hiervan wordt overgenomen door onder meer twee van de vier boostergemalen. 