

Trillingen in rioolgemalen

Nederland heeft er duizenden. Kleine, onbemande pompstations in woonwijken waar het rioolwater wordt verzameld in een diepe voorraadkelder. Waarna het vervolgens wordt verpompt naar een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI). Vandaag worden veel van deze pompstations gerenoveerd om het toenemend aanbod afval- en hemelwater aan te kunnen.

Dan, kort na oplevering bellen de burens: Wat is dat toch voor gebrom?

Een veel voorkomende oorzaak van verhoogde trillingen in een rioolgemaal is resonantie van het persleidingsysteem. Wat is resonantie? Waarom gaat het mis? Beneden in een rioolgemaal staan meestal twee of drie identieke pompen opgesteld op de vloer van de pompkelder. Zo kan aan de inlaat van de pomp voldoende voordruk vanuit de naastgelegen voorraadkelder gewaarborgd worden.

Een persleidingsysteem is doorgaans opgebouwd uit per pomp een verticale persleiding met daarin de terugslagklep. Boven in de pompkelder wordt deze leiding via een 90 graden bocht aan een gemeenschappelijke, horizontale persleiding gekoppeld. Deze horizontale persleiding gaat door de muur het gebouw uit naar de RWZI. Een diepe voorraadkelder heeft per opslagvolume een minimale

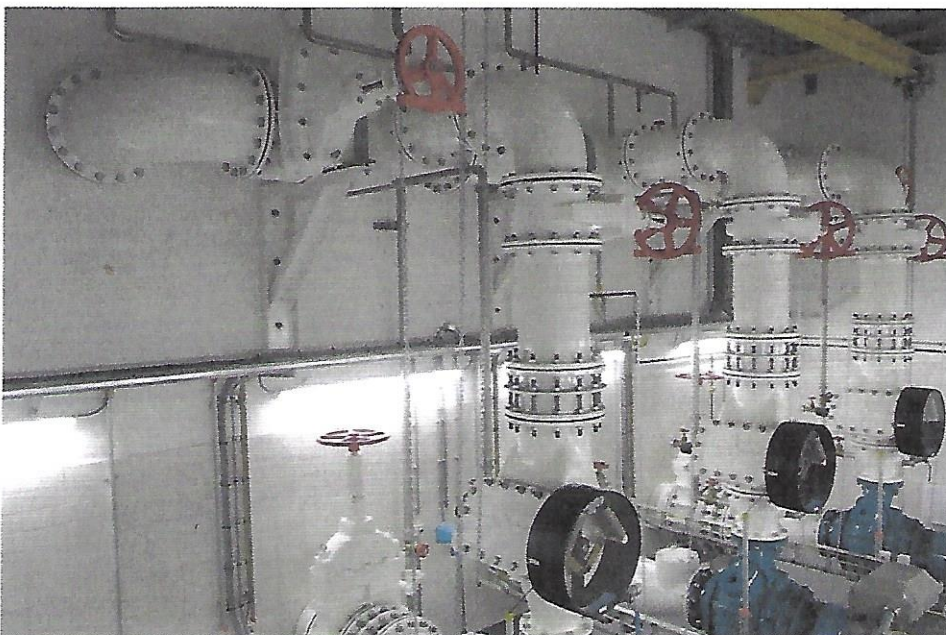
oppervlakte 'footprint'. Maar krijgt daarmee een verticale persleiding die relatief lang kan worden. En dat vormt meestal al een veeg teken voor een trillingsanalist.

De boosdoener: resonantie

Elke mechanische constructie bestaat uit massa en stijfheid. Zo'n massa-veersysteem wordt gekenmerkt door een bepaalde resonantiefrequentie. Ook wel eigen frequentie genoemd. Bij een lage trillingsfrequentie (aanstootfrequentie) houdt de stijfheid het trillingsniveau binnen de perken. Bij hoge trillingsfrequentie de massa. Daartussen ligt een kritisch gebied. Bij een aanstootfrequentie gelijk aan de resonantiefrequentie is noch de stijfheid noch de massa bij machte het trillingsniveau binnen de perken te houden. Integendeel, deze twee heffen elkaar juist op. Er blijft dan alleen demping over om de trillingen binnen de perken te houden. Maar helaas, gelast stalen constructies ontberen demping. Gevolg is een sterk verhoogd trillingsniveau in het kritische gebied. Kenmerkend is een plotseling snel toenemend trillingsniveau bij een toenemend toerental en voorbij het 'kritische' toerental weer een sterke afname.

Drukpulsatie

Ook een verticale persleiding is een massa-veersysteem. Te beschouwen als een aan twee zijden ingeklemde balk. Die wordt in de handboeken steevast horizontaal getekend maar verticaal geldt hetzelfde. Aan de ene kant is het inklempunt de flensverbinding met het slakkenhuis. Aan de andere kant ergens een punt van de horizontale persleiding. Bijvoorbeeld waar deze leiding door de muur gaat, bij de 90 graden bocht of een steunpunt naar de muur.



Goed ontwerp, grote diameter/lengteverhouding.

Resonantiefrequenties op zich vormen niet het probleem. Er ontstaat pas een trillingsprobleem wanneer er een aanstootbron is met een trillingsfrequentie gelijk aan de resonantiefrequentie.

Welke aanstootfrequenties spelen zoal een rol? Kenmerkend voor rioolgemalen is de toepassing van een eenkanaalswaaier. Lage druk/grote flow en axiaal/radiaal schroefwaaier. Zo'n waaier kent relatief veel meer drukpulsatie dan een waaier met meerdere schoepen. De drukpulsatie gaat nog omhoog bij een werkpunt buiten het BEP ("best efficiency point"). Een rioolwaterpomp werkt vrijwel nooit continu in het BEP omdat bij het leegpompen van de pompkelder de manometrische druk aan de inlaat en de systeemdruk aan de perszijde zich voortdurend wijzigen. De drukpulsatie heeft een frequentie gelijk aan 1x de toerental frequentie van de pomp. Op te vatten als hydraulische onbalans. De mechanische onbalans van een (niet-vervuilde) pompwaaier en van de rotor van de motor, beide met 1x de toerental frequentie, is doorgaans veel lager dan de hydraulische onbalans.

'De kritische schakel: de persleiding'

De fatale cocktail

Stel het operationele toerental bereik is 900 .. 1500 rpm. De aanstootfrequentie door mechanische en hydraulische 1x de toerentalaanstoting is dan 15 .. 25 Hz. Wat als nu de resonantiefrequentie van het persleidingsysteem 20 Hz is? Té lang in bedrijf bij het kritische toerental $60 \times 20 \text{ Hz} = 1200 \text{ rpm}$ met een heen en weer zwiepende persleiding resulteert onvermijdelijk in een bedrijfszekerheidsprobleem. Flensbouten breken, instrumentatie raakt defect, afdichting lekt, lagers defect en trillingsoverdracht naar de



Kritisch ontwerp, kleine diameter/lengteverhouding.

stilstaande pomp. En ... overlast bij de burens. Trillingen worden gemakkelijk voortgeplant door de persleiding en de Hollandse kleigrond. Allemaal pompmerk onafhankelijk!

Vermijden

De persleiding is toch afgesteund? Jawel maar dit is een statische ondersteuning van het gewicht en slechts ten dele een dynamische ondersteuning met voldoende stijfheid. Vooruitberekening resonantiefrequentie? Gebeurt zelden of nooit. Wordt ook niet gespecificeerd in het bestek. Controleren draaigedrag bij inbedrijfstelling? Alleen volgens bestek bij maximum- en minimumtoerental een controlemeting uitvoeren op motor en pomp is ontoereikend. Die 1200 rpm

blijkt het bedrijfspunt met de meeste draaiuren... Vibratie monitoring? Sensor zit op de pomp die een lager trillingsniveau heeft, ook bij 1200 rpm.

En ja, dan rinkelt vlak na de feestelijke inbedrijfstelling van het pompstation op het hoofdkantoor van het Waterschap de telefoon... En gaat men op onderzoek uit naar het verborgen trillingsprobleem. ●

Over de auteur

Arie Mol is zelfstandig adviseur, gespecialiseerd in trillingsanalyse en elektromechanische aandrijftechniek. In de rubriek 'Mol maint' worden onderhoudsgerelateerde en aanverwante eigenaardigheden bij pompaandrijvingen belicht. Hij schrijft al sinds 2007 voor Pomp NL. Alle artikelen zijn na te lezen op de website: www.ariemol.nl.



Remedie: extra steun horizontale persleiding.

Bumpstest

De resonantiefrequentie van een persleiding kan eenvoudig worden gemeten met een 'bumpstest'. Met een houten balk aanstoten en de uittrilfrequentie meten. Een bewegingsvorm van de persleiding bij 1200 rpm laat zien waar het trillingsniveau het hoogst is. Dan kan nagedacht worden over een adequate afsteuning tegen de (hopelijk stevige) muur.