



Wouter Stapel

**Door een hydraulica-bril kijkend verandert de stroming in vrij verval riolering over het algemeen vrij langzaam. Die stroming noemen we quasi-stationair. Bij berekeningen kan je dan in stappen overschakelen van de ene situatie met stationaire stroming naar de andere. Maar soms is de massa-traagheid weldegelijk een factor van belang. Goed om alert op te zijn en om in te kunnen schatten of die traagheid tot problemen kan leiden.**

## Traagheid

Als de stroming in een riool in vrij korte tijd op gang moet komen of juist snel moet worden afgeremd kan de massa-traagheid van invloed zijn op de maximale waterstanden die optreden. En dus ook of er bijvoorbeeld afvalwater op straat kan komen.

### **F = m x a**

Op de middelbare school hebben we de tweede wet van Newton geleerd:  $F = m \times a$ .

Deze wet komt er op neer dat als je op een massa  $m$  een netto kracht  $F$  uitoefent, die massa een versnelling  $a$  krijgt gelijk aan  $F/m$ . Ofwel: elke seconde neemt de snelheid toe met  $a$  m/s. Voor de zwaartekracht geldt (als je voor het gemak de luchtweerstand verwaarloost): Als je van een hoge flat een steen laat vallen heeft die na 1 seconde een snelheid van ca. 10 m/s. En na 2 seconden is de snelheid ongeveer 20 m/s. Enzovoort - als de flat hoog genoeg is. (De zwaartekracht-versnelling  $g$  is ca. 10 m/s<sup>2</sup>.)

### **Stationair**

Een voorbeeld uit de praktijk: Een transportriool met een diameter van 600 mm en een lengte van 500 meter wordt gevoed door een gemaal met een capaciteit van 1.000 m<sup>3</sup>/h. De leiding staat altijd volledig vol met water. We gaan uit van een wandruwheid van 1 mm en verwaarlozen lokale stromingsweerstand bij bijvoorbeeld in- en uitstroming van putten. In de stationaire situatie - als de stroming zich na enige tijd heeft ingesteld - kom je dan uit op een verval (peilverschil) tussen begin en eind van de leiding van ca. 1 meter.

### **Op gang komen**

Als de pomp aanslaat terwijl het water in het transportriool stil staat hebben we te maken met massa-traagheid. Het peil in de bovenstroomse put zal stijgen tot een maximaal niveau terwijl het water in de leiding op gang komt. Daarna zakt het weer tot het hierboven genoemde stationaire niveau. Daar kan je met de computer met kleine tijdstappen nauwkeurig aan rekenen. We doen het hier wat korter door de bocht:

(We rekenen met de formule  $F = m \times a$ )

-  $m$  is de watermassa in de leiding. Voor een 'rond 600' van 500 m lengte is dat ca. 140.000 kg;

- We gaan uit van de situatie dat het water in de leiding nog stil staat en het peil in de bovenstroomse put na het starten van de pomp met 1 m is gestegen;

- De kracht  $F$  is dan gelijk aan 1 m waterdrukverschil (ca. 10.000 N/m<sup>2</sup>) tussen begin en eind van de leiding, vermenigvuldigd met de dwarsdoorsnede van de leiding (ca. 0,28 m<sup>2</sup>). Dat komt uit op 2.800 N (Newton);

- Nu kunnen we berekenen dat de watermassa wordt versneld met  $a = F/m = 0,02$  m/s<sup>2</sup>. Dus elke seconde gaat het water 0,02 m/s harder stromen;

- Als het water met dit tempo blijft versnellen duurt het 50 seconden totdat de stationaire stroomsnelheid van 1 m/s is bereikt.

### **Te traag?**

De kernvraag is nu of die 50 seconden lang of kort is - of het water té traag op gang komt. Dat relateren we aan de snelheid waarmee het peil in de bovenstroomse put stijgt nadat de pomp is aangegaan:

- Stel eerst als worst case dat de pomp direct na het starten al de capaciteit van 1.000 m<sup>3</sup>/h heeft;

- Neem aan dat de put aan het begin van de leiding een oppervlak heeft van 4 m<sup>2</sup>;

- Het peil in de put stijgt dan na pompstart met 7 cm/s;

- Na ca. 15 seconden is het niveauverschil van 1 m dan al bereikt;

- In die tijd is het water in de leiding nog maar een klein beetje op gang gekomen;

- Als je er wat verder aan rekt kom je er op uit dat het maximale peil in de put ruim meer dan een meter hoger komt dan het berekende stationaire peil;

- Bij onvoldoende waking in die put komt er dan bij elke pompstart afvalwater op het maaiveld. Het water komt té traag op gang;

- Dat risico is te verkleinen door bijvoorbeeld het gemaal langzaam op te toeren, de put een groter oppervlak te geven of een grotere leidingdiameter toe te passen.

### **Bij twijfel ...**

Met dergelijke vingeroefeningen kan je snel een inschatting maken of massa-traagheid tot problemen kan leiden. In geval van twijfel kan je het best een 'echte' som (laten) maken.